

Е.И. ГОНЧАРУК

КОММУНАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

Под редакцией
доктора медицинских наук, профессора,
академика НАН, АМН, АПН Украины, РАМН
Е.И. Гончарука

Допущено
Министерством здравоохранения
Украины как учебник для студентов
высших медицинских учебных заведений
III—IV уровней аккредитации

Київ
"ЗДОРОВ'Я",
1997

Авторы:

Е.И. ГОНЧАРУК, В.Г. БАРДОВ, С.И. ГАРКАВИЙ, А.П. ЯВОРОВСКИЙ,
В.Я. АКИМЕНКО, Л.А. БОНДАРЕНКО, К.А. БУШТУЕВА, Ю.В. ВОРОНЕНКО,
В.В. ГОНЧАРУК, Ю.Д. ГУБЕРНСКИЙ, Ю.Д. ДУМАНСКИЙ, Э.А. ДЕРКАЧЕВ,
Н.П. ДОНЕЦ, М.М. КОРШУН, Г.Н. КРАСОВСКИЙ, И.Л. КУРИННОЙ,
Н.Т. МУЗЫЧУК, И.Н. МОТУЗКОВ, Л.Б. ОГИР, В.Е. ПРИСЯЖНЮК,
В.А. ПРОКОПОВ, М.А. ПИНИГИН, Ю.А. РАХМАНИН, Г.И. РУМЯНЦЕВ,
Н.В. РУСАКОВ, А.М. СЕРДЮК, О.В. САЛАТА, И.И. ТКАЧЕНКО, И.Н. ФИЛАТОВА,
В.М. УДОД, М.Г. ШАНДАЛА, В.П. ШИРОБОКОВ, И.И. ШВАЙКО, А.А. ШЕВЧЕНКО

Учебник подготовлен академиком Национальной академии наук Украины, Академии медицинских наук Украины, Академии педагогических наук Украины, Российской академии медицинских наук Е.И. Гончаруком и под его руководством сотрудниками кафедры коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца при участии ведущих ученых Украины и России.

Освещены классические положения гигиенической науки с учетом новейших научных достижений мировой гигиенической науки за последние годы, касающихся влияния на организм человека природных и антропогенных (физических, химических, биологических, психофизиологических) факторов окружающей среды и социально-экономических условий. Установлены принципы гигиенического нормирования вредных и опасных факторов составляющих биосферы — атмосферы, гидросферы, литосферы — с учетом изолированного, комбинированного, комплексного и сочетанного действия и возможных отдаленных последствий, в частности: канцерогенного, мутагенного, эмбриотоксического, гонадотоксического, нейротоксического и др. Отражены государственные законодательные и нормативно-методические документы по вопросам охраны окружающей среды, обеспечения санитарного и эпидемиологического благополучия населения и др.

Для студентов высших медицинских учебных заведений III—IV уровней аккредитации и практических врачей.

>

Рецензенты:

А.Б. Ермаченко, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой гигиены ФПК
с курсом подготовки инженерно-технических работников Донецкого
государственного медицинского университета им. А.М. Горького;
В.М. Пазинич, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой гигиены и экологии
Запорожского медицинского университета;
Е.П. Самойлюк, проф. кафедры экологии и химии Приднепровской
государственной академии строительства и архитектуры

4105020000

209 — 2006

ISBN 5-311-01391-5

© Е.Г. Гончарук, В.Г. Бардов, С.И. Гаркавий,
О.П. Яворовский, В.Я. Акіменко, Л.А. Бондаренко,
К.А. Буштуева, Ю.В. Вороненко, В.В. Гончарук,
Ю.Д. Губернский, Ю.Д. Думанский, Е.А. Деркачов,
М.П. Донець, М.М. Коршун, Г.М. Красовский,
И.Л. Куринний, Н.Т. Музычук, И.М. Мотузов, Л.Б. Огір,
В.Є. Присяжнюк, В.О. Прокопов, М.О. Пінігін,
Ю.А. Рахманін, Г.І. Румянцев, М.В. Русаков,
А.М. Сердюк, О.В. Салата, І.І. Ткаченко, І.М. Філатова,
В.М. Удод, М.Г. Шандала, В.П. Широбоков,
І.І. Швайко, О.А. Шевченко, 2006

Учашими, что гигиена
— это наука о здоровье
людей, наука о сохране-
нии и улучшении здо-
ровья каждой личности
и общества в целом.

Барна 1965г. *Александр*

*А все-таки, все-таки будущее
будет за нами — гигиена.
Академик Марзеев
19/12/1962. Киев.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник "Коммунальная гигиена" впервые издан в 2003 году на украинском языке по инициативе академика Национальной академии наук, Академии медицинских наук, Академии педагогических наук Украины, академика Российской академии медицинских наук Евгения Игнатьевича Гончарука, заведующего кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца.

Е.И. Гончаруком отредактирован перевод учебника на русский язык. Его авторы продолжают и развивают традиции, заложенные А.Н. Марзеевым, П.И. Баранником, Р.Д. Габовичем, В.М. Жаботинским, Д.Н. Калюжным, Н.Н. Квитницкой, Х.А. Зарывайской, В.З. Мартынюком, Н.Н. Путилиной, Н.Я. Янышевой, З.Г. Френкелем, А.Н. Сысиным, Н.Н. Литвиновым, В.А. Рязановым, Н.Н. Хлебниковым, Г.И. Сидоренко, Ф.Г. Кротковым, С.Н. Черкинским, К.И. Акуловым, К.А. Буштуевой, Г.Н. Красовским, Ю.Д. Губернским и другими видными учеными-гигиенистами. В предлагаемом учебнике, написанном отечественными авторами при участии ведущих ученых-гигиенистов России, не только освещены классические положения, но и учтены новейшие достижения мировой гигиенической науки. В частности, на современном уровне изложены данные относительно влияния на организм человека природных и антропогенных факторов внешней и окружающей среды. Механизм их действия раскрыт на всех уровнях организации живой материи: популяционном, организменном, органно-тканевом, клеточном, субклеточном и молекулярно-генетическом.

Приведены новые достижения в области теории, методологии, в принципиальных схемах гигиенического нормирования

содержания вредных и опасных факторов во всех составных биосферы (атмосфере, гидросфере, литосфере). Особенности гигиенического нормирования изложены с учетом изолированного, комбинированного, комплексного и сочетанного действий всех факторов, а также возможных отдаленных последствий: канцерогенного, мутагенного, эмбриотоксического, гонадотоксического, нейротоксического и т. д., чего не было в предыдущих изданиях.

Освещены современные методологические и методические подходы к изучению здоровья населения по четырем основным группам показателей: демографическим (рождаемости, смертности, естественного прироста населения и др.), физического развития, заболеваемости и инвалидности.

Описаны особенности проведения предупредительного и текущего санитарного надзора за основными объектами коммунальной гигиены. Изложена система профилактических мероприятий, направленных на сохранение, укрепление здоровья людей и улучшение условий их жизни.

В традиционных для учебника по коммунальной гигиене восьми разделах рассмотрено действие основных законов гигиены¹. Охарактеризована экологическая ситуация, которая сложилась в Украине, в частности под влиянием аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

Приведены законодательные и нормативно-методические документы по вопросам охраны здоровья населения, окружающей среды. Учебник предназначен для базовой подготовки врачей педиатрической, лечебной, медико-профилактической специальности на медицинских факультетах высших медицинских учебных заведений, а также подготовки врачей-интернов и переподготовки практических врачей медико-профилактического профиля в высших медицинских заведениях последипломного образования. Учебник окажется полезным в повседневной работе врачей-профилактиков, санитарных врачей.

Авторы будут признательны за критические замечания и конструктивные предложения, направленные на улучшение содержания книги.

ВВЕДЕНИЕ

В исторически сложившейся совокупности отдельных дисциплин есть отрасли фундаментальных наук, таких, как математика, физика, химия, биология и др. В каждой области есть отдельные дисциплины со специфическим объектом изучения. Например, в такой фундаментальной области, как биология, есть специфические дисциплины: ботаника, зоология, экология, гидробиология, почвоведение, медицина и др.

Медицина, берущая начало с биологии, изучает человека как особый вид организмов в биосфере, названный *Homo sapiens* (человек разумный). Однако человек является не только биологическим существом. Специфическими признаками человека, выделяющими его в мире живой материи, являются высокое развитие головного мозга, наличие разума, сознания, воли, словесное общение, способность к созданию орудий труда и использование их в целях преобразования природы. Кроме того, человеку присущи наиболее высокое развитие психики, политическая, социально-экономическая и иные формы общественной жизни. Он единственный среди живых существ владеет культурой и способен создавать духовные ценности. Таким образом, человек является не только биологическим, но и социальным, так называемым биосоциальным, видом, который, будучи неотъемлемой частью биосферы, вступает в специфические взаимоотношения не только с тремя ее составляющими (атмосферой, гидросферой и литосферой), но и с человеческим сообществом.

Термин "биосфера" впервые применил в 1875 г. австрийский ученый Э. Зюс во время исследования альпийских лесов. Однако учение о биосфере создал первый президент Академии наук Украины, всемирно известный ученый-геохимик, академик В.И. Вернадский, который в 1926 г. в Париже выступил с лекцией "La biosphera". Понятие "биосфера" происходит от греческих слов *bios* — жизнь и *sphaira* — шар. В.И. Вернадский выделил три составляющие биосферы, где есть либо отмечались ранее проявления жизни тех или иных организмов. Каждая составляющая биосферы имеет живую часть (биота) и неживую (биокоста). К составляющим *биосферы* относятся нижняя часть атмосферы (тропосфера), расположенная на высоте 7—8 км над полюсами и 16—18 км — над экватором от поверхности планеты Земля; гидросфера — глубиной 11 022 м; а также часть литосферы — до 2—3 км вглубь недр¹. Биосферу еще называют витасферой, т. е. живой оболочкой пребывающего в вечном движении нашего благословенного естественного спутника, именуемого Землей.

Наумов Н.П. Экология животных. — М., 1963. — 619 с.

Таким образом, жизнь возможна лишь в биосфере. За ее пределами проявления жизни современной наукой не установлены.

Еще в 1926 г. В.И. Вернадский предвидел, что человек как уникальный вид живой материи, благодаря разуму, труду, целенаправленной преобразующей деятельности, выйдет за пределы биосферы. Поэтому он ввел такое понятие, как сфера разума, или ноосфера.

Предвидения нашего гениального соотечественника сбылись. Благодаря научно-техническому прогрессу человек вышел за биосферу, т. е. живую оболочку, в которой могут обитать живые организмы.

Заниматься человеком и изучать его здоровье (проводить диагностику, лечение и профилактику заболеваний) в процессе его взаимоотношений с биосферой и социально-экономическими условиями может только такая отрасль биологии, как медицина. "Медицина представляет собой систему научных знаний и практической деятельности, целью которых является укрепление и сохранение здоровья, продление жизни людей, предупреждение и лечение болезней человека"¹.

Специфическим объектом изучения медицины является здоровый и больной человек с такими его общими философскими понятиями, как популяционное и индивидуальное здоровье² с многочисленными показателями его состояния и болезнь с многочисленными проявлениями заболеваний отдельного человека (заболевание).

Медицина состоит из двух частей, которые находятся в органическом единстве и дополняют друг друга, — медицины лечебной и медицины профилактической, или гигиены.

Гигиена названа в честь богини Гигиен. История возникновения этого названия связана с древнегреческой легендой об Асклепии (Эскулапе) — сыне бога солнца Аполлона. Асклепии родился слабым и больным. Отец решил, что жить он должен в солнечной долине в окружении врачей. Они-то и вылечили его от всех недугов. Окрепши духом и телом, Асклепии и сам начал исцелять жителей долины. Ему помогали две дочери — Гигиен и Панакея. Поскольку Гигиен, согласно верованиям древних греков, была богиней здоровья и стремилась прежде всего предупредить развитие заболеваний, ее именем и была названа наука гигиена.

В.И. Даль в 1863 г. определил **гигиену** как "искусство или знания беречь здоровье, охранять его от вреда"³. По определению В.И. Даля, специалистом, который владеет искусством сохранения здоровья практически здоровых людей, является врач-профилактик, врач-гигиенист, или санитарный врач.

В учебнике⁴ **гигиена** определена как наука, которая изучает закономерности влияния (положительного и отрицательного) факторов внешней и окру-

¹ БМЭ. — 3-е изд. — М., 1978. — Т. 8. — С. 356.

Здоровье — это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие заболеваний или физических дефектов.

³ Даль В.И. Толковый словарь. — Т. 1. — "А-3". — М., 1989. — 669 с.

Общая гигиена: пропедевтика гигиены / Под ред. Е.И. Гончарука. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Виша шк., 2000. — 652 с.

жающей среды на здоровье людей, а также физиологической, бытовой и производственной деятельности людей на окружающую среду.

В 20—30-е годы минувшего столетия вследствие резкого обострения эпидемической ситуации в результате первой мировой и гражданской войн, интенсивного развития промышленного и сельскохозяйственного производства, химизации сельского хозяйства гигиена дифференцировалась на отдельные дисциплины. Объективно процесс дифференциации, характеризующий диалектическое развитие каждой науки, обусловил выделение из гигиены таких дисциплин, как микробиология, профессиональная гигиена¹, социальная гигиена, эпидемиология, коммунальная гигиена, школьная гигиена², гигиена питания.

В Национальном медицинском университете имени А.А. Богомольца (бывшем Киевском медицинском институте) были организованы соответствующие кафедры: микробиологии — в 1918 г., профессиональной гигиены — в 1923 г., социальной гигиены — в 1924 г., эпидемиологии — в 1932 г., коммунальной гигиены³, школьной гигиены и гигиены питания — в 1935 г., а санитарно-гигиенический факультет был организован в 1931 г.

Со временем из гигиены выделились также такие дисциплины, как паразитология, вирусология, радиационная, морская, космическая гигиена и другие дисциплины.

Особое место среди гигиенических дисциплин занимает коммунальная гигиена, так как она определяет требования к выбору и отведению земельных участков для строительства жилья и объектов различного назначения (детских учреждений, промышленных предприятий, предприятий общественного питания, торговли и т. п.), решает вопросы их оптимального санитарного благоустройства (водоснабжения, водоотведения, санитарной очистки, теплоснабжения, отопления, вентиляции), обосновывает мероприятия по охране атмосферного воздуха, водоемов, почвы от загрязнения, устанавливает размеры санитарно-защитных зон. Эти требования используют в дальнейшем другие гигиенические дисциплины (гигиена труда, гигиена питания, гигиена детей и подростков).

Еще одним доказательством того, что коммунальная гигиена занимает ведущее место среди гигиенических дисциплин, является то, что эта дисциплина определяет гигиенические требования к обустройству и содержанию жилых домов, общественных сооружений, производственных помещений, других объектов, где человек проводит большую часть жизни. Кроме того, коммунальная гигиена устанавливает требования к планировке, застройке и содержанию населенных пунктов как таковых (мегаполисов, городов, поселков городского типа, сельских населенных пунктов), в которых осуществляется хозяйственно-бытовая и производственная деятельность человека.

С учетом этого академик А.Н. Марзеев в первом издании учебника "Коммунальная гигиена", написанном им вместе с группой соавторов в 1951 г., дал

Отвечает современной гигиене труда.

Отвечает современной гигиене детей и подростков.

З.Г. Френкель основал первую кафедру коммунальной гигиены в 1922 г. в Институте усовершенствования врачей в Ленинграде (теперь Санкт-Петербург).

краткое, но емкое понятие коммунальной гигиены — "гигиена населенных мест" (от фр. *communis* — жилище, поселение, населенный пункт и греч. *hygieinos* — приносящий здоровье).

Сегодня значение коммунальной гигиены в комплексе гигиенических дисциплин еще более расширилось. В современных условиях на здоровье человека влияет комплекс социальных, природных и техногенных факторов не только в городах, поселках городского типа, сельских населенных пунктах, но и в космическом пространстве, под водой, в глубоких слоях литосферы, где человек пребывает длительное время в замкнутых системах (космических станциях, подводных лодках, подземных шахтах). Возникла также потребность в профилактике отрицательных последствий для здоровья населения использования пестицидов, минеральных макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений, структурообразователей почв, промышленных выбросов. Возникли новые вредные и опасные факторы окружающей среды техногенного происхождения (такие, как электромагнитные поля различного диапазона частот, лазерное, ионизирующее излучения), новые классы экзогенных химических веществ, продукты биотехнологического синтеза и генной инженерии и т. п. Заострилась проблема их комбинированного, комплексного и сочетанного действия и возможных отдаленных последствий (канцерогенного, мутагенного, эмбриотоксического, гонадотоксического, нейротоксического и др.¹) для здоровья населения вследствие загрязнения биосферы.

Коммунальная гигиена на молекулярно-генетическом уровне с использованием наиболее чувствительных показателей изучает закономерности положительного и отрицательного влияния на здоровье населения всех факторов окружающей, внешней и внутренней среды и социально-экономических условий, формирующихся в местах проживания людей. В то же время она изучает закономерности влияния физиологической, бытовой и производственной деятельности человека и общества на окружающую среду. На основании установленных закономерностей коммунальная гигиена научно обосновывает мероприятия по устранению или уменьшению до безопасного уровня влияния отрицательно действующих факторов и широкому оптимальному для здоровья населения использованию положительно действующих факторов окружающей среды. Для обоснования оздоровительных и профилактических мероприятий коммунальная гигиена использует другие науки: нормальную и патологическую физиологию, токсикологию, микробиологию, эпидемиологию, гидробиологию, геологию, гидрогеологию и др.

Благодаря фундаментальному изучению токсических свойств, сенсibiliзирующей, канцерогенной, мутагенной активности и других отдаленных эффектов действия коммунальная гигиена научно обосновывает безопасные уровни вредных факторов и наиболее оптимальные уровни положительно действующих факторов в основных составляющих биосферы (гидросфере, атмосфере, почве). Среди них предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориен-

Общая гигиена: пропедевтика гигиены / Под ред. Е.И. Гончарука. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Вища шк., 2000. — С. 399.

тировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водоемов, максимальные разовые и среднесуточные ПДК и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) атмосферных загрязнений, ПДК и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) экзогенных химических веществ в почве, предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия физических факторов.

Коммунальная гигиена разрабатывает и внедряет в практическое здравоохранение методические рекомендации, санитарные нормы и правила, инструкции, стандарты, другие нормативно-методические и законодательные документы по профилактическим мероприятиям с целью сохранения и укрепления здоровья населения и формирования благоприятных условий жизни в населенных местах и за их пределами.

Гигиенические нормативы и регламенты, санитарные нормы и правила, разработанные коммунальной гигиеной, используют в других гигиенических дисциплинах. Так, в гигиене питания при санитарном обследовании предприятий пищевой промышленности и общественного питания обязательно оценивают организацию водоснабжения и качество подаваемой питьевой воды; при оценке качества продуктов питания учитывают санитарное состояние почвы, на которой выращивали сельскохозяйственные растения. В гигиене детей и подростков при оценке условий воспитания и обучения обязательно учитывают гигиенические требования к внутренней планировке зданий школ и детских дошкольных учреждений, к инсоляции, вентиляции, естественному и искусственному освещению помещений, их водоснабжению и водоотведению. В гигиене труда организация санитарно-защитных зон промышленных предприятий, решение вопросов об организации пыле- и газоочистки выбросов в атмосферу невозможны без научно обоснованных ПДК вредных веществ в атмосфере. Эти примеры свидетельствуют о том, что коммунальная гигиена является основной, стержневой гигиенической дисциплиной и создает для врачей и ученых, а также специалистов других отраслей предпосылки для успешного проведения профилактических мероприятий.

Коммунальная гигиена как фундаментальная гигиеническая наука является научной основой практической деятельности органов санитарно-эпидемиологической службы, которые в ходе текущего и предупредительного санитарного надзора контролируют проведение санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических мероприятий по сохранению и укреплению здоровья населения в местах его проживания.

Исходя из вышеизложенного, можно дать следующее современное определение коммунальной гигиены как стержневой, основной гигиенической дисциплины:

"Коммунальная гигиена является самостоятельной отраслью гигиенической науки, которая изучает закономерности положительного и отрицательного влияния всех факторов окружающей, внешней и внутренней среды и социально-экономических условий на здоровье населения, проживающего в населенных пунктах или автономных замкнутых пространствах (космических кораблях, подводных лодках), а также закономерности влияния физиологической, бытовой и производственной деятельности человека и общества на окружающую среду с целью сохранения и укреп-

ления здоровья населения и создания наиболее благоприятных санитарных условий проживания".

Внедрением научных разработок коммунальной гигиены в практику занимается врач по коммунальной гигиене, который обладает глубокими знаниями не только медицинских дисциплин, необходимых врачу лечебного профиля, но также основ геологии, почвоведения, гидрогеологии, гидробиологии, санитарной техники, юриспруденции. При отсутствии знаний в области этих смежных дисциплин врач по коммунальной гигиене не может выполнять возложенные на него обязанности по охране здоровья здоровых людей. Такой врач, являющийся специалистом широкого профиля, называется санитарным врачом. А по определению В.И. Даля санитарный врач это врач, овладевший искусством охранять здоровье здоровых людей.

К сожалению, часть населения на бытовом уровне, некоторые государственные служащие и даже ученые смешивают понятия "санитарный врач" и "санитар", нередко гигиену в целом и коммунальную гигиену в частности отождествляют с так называемой туалетной санитарией или элементарными санитарно-профилактическими мероприятиями (борьба с завшивленностью, мытье рук перед едой, соблюдение чистоты в помещении и др.).

Чтобы избежать этого ошибочного восприятия, в последние десятилетия санитарного врача называют врачом-гигиенистом или врачом-профилактиком, а некоторые гигиенические институты и кафедры изменили названия. Так, Институт общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева переименован в Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины; Институт общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Сысина Российской АМН — в Институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина Российской АМН. Кафедра коммунальной гигиены Национального медицинского университета им. А.А. Богомольца названа кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека и др. На наш взгляд, справедливым было бы вернуть классические названия таким институтам и кафедрам.

Возникли также попытки заменить термин "гигиеническая наука" в целом и "коммунальная гигиена" в частности такими терминами и понятиями, как "валеология", "санология", "экогигиена", "экология человека", "медицинская экология" и т. д.

Что касается валеологии, то мы считаем, что этот термин определяет искусственно созданную дисциплину, которая механически объединяет физическое и половое воспитание с вопросами анатомии и физиологии человека, личной гигиены, гигиены детей и подростков.

Санология, по определению академика Ю.П. Лисицына, представляет собой теорию и практику охраны, укрепления и воспроизведения здоровья. Экогигиена (по определению Н.В. Лазарева, геогигиена) изучает здоровье людей планеты, разрабатывает средства его сохранения и укрепления.

Таким образом, каждая из указанных выше дисциплин имеет тот же объект изучения и ставит такую же цель, которую со времени возникновения ставила гигиена, в частности коммунальная. Все они решают общие с коммунальной гигиеной задачи и используют разработанные ею законы, методы и методики, т. е. являются синонимами понятия "гигиена", в частности "коммунальная гигиена".

Говоря об экологии человека и медицинской экологии, следует отметить, что эти научные дисциплины изучают только часть проблем, которыми занимается коммунальная гигиена. С целью размежевания этих понятий необходимо рассмотреть их взаимоотношения более детально.

Термин "экология" (от греч. *ecos* или *oikos* — жилище, среда и *logos* — наука) предложил немецкий зоолог-эволюционист Э. Геккель в 1866 г. В книге "Всеобщая морфология организмов" он рассматривал экологию как биологическую науку о взаимоотношениях растительных и животных организмов, образуемых ими сообществ между собой и окружающей средой. Заслуга Э. Геккеля состоит в том, что он выделил экологию как самостоятельную отрасль биологической науки и рассмотрел взаимоотношения живого и неживого мира на видовом уровне.

Известный ученый-эколог академик Н.П. Наумов в книге "Экология животных" (1963) указывал, что "взаимодействие организмов со средой изучается каждой биологической наукой в своей отрасли". Например, ботаника исследует это взаимодействие среди растительного, зоология — среди животного мира. Гидробиология прослеживает взаимодействие живых существ и воды и др. Н.П. Наумов подчеркивал также, что "экология имеет дело только с той стороной взаимодействия организма и среды, которая обуславливает размножение и выживание организмов, структуру и динамику создаваемых ими популяций, отдельных видов и, наконец, структуру и динамику ассоциаций разных видов". То есть, по Н.П. Наумову, экология как биологическая наука занимается изучением вопросов взаимодействия с окружающей средой всех представителей растительного и животного мира, однако она не изучает здоровья человека. Действительно, экологи не изучают фундаментальные медицинские науки — анатомию человека, физиологию человека, гистологию человека, биохимию человека, медицинскую фармакологию, терапию, хирургию, акушерство и гинекологию, а также другие клинические дисциплины. Не получают также знаний по медико-профилактическим дисциплинам: общей гигиене, коммунальной, радиационной, военной гигиене, гигиене труда, гигиене питания, гигиене детей и подростков, медицинской микробиологии, медицинской вирусологии, медицинской эпидемиологии, инфекционным болезням, социальной гигиене и организации здравоохранения. Поэтому экологи не в праве профессионально заниматься здоровьем и заболеваниями людей, диагностикой этих заболеваний и лечением, а также не имеют на это юридического права¹.

Не имеют права заниматься здоровьем людей также колдуны, целители, экстрасенсы, другие "специалисты" без соответствующего медицинского образования. Лица же, которые стремятся заниматься целительством, обязаны получить высшее медицинское образование в области нетрадиционных методов диагностики и лечения (иридодиагностика, мануальная терапия, фитотерапия, гомеопатия и т. п.) в институтах народной медицины. В Уголовном кодексе Украины (статья 138: Незаконная лечебная деятельность²казано, что "занятия лечебной деятельностью без специального разрешения, осуществляемое лицом, не имеющим соответствующего медицинского образования, если это привело к тяжелым последствиям для больного, карается исправительными работами на срок до двух лет или ограничением свободы на срок до трех лет, или лишением свободы на срок до трех лет".

В то же время врачи по коммунальной гигиене, которые имеют не только фундаментальную медицинскую клиническую, гигиеническую подготовку, но также изучают экологию как отрасль биологической науки, могут использовать достижения экологии для решения научных и практических задач.

Так, разрабатывая гигиенические нормативы содержания опасных и вредных токсических веществ в объектах окружающей среды, ученые-гигиенисты учитывают возможное их влияние на экологические системы (растения и животные, вода, почва и т. п.). Примером этого является то, что предельно допустимые концентрации химических веществ разрабатывают не только для атмосферного воздуха населенных пунктов, почвы, водоемов, используемых для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых нужд, но и для водоемов рыбохозяйственного назначения. С целью предотвращения загрязнения почвы, поверхностных и подземных источников водоснабжения и охраны экологических систем от вредных отходов, образующихся вследствие хозяйственной и производственной деятельности человека, ученые-гигиенисты разрабатывают и внедряют экологически безопасные биотехнологии обезвреживания таких отходов с использованием генетически модифицированных микроорганизмов и др.

Таким образом, гигиена вообще и коммунальная гигиена в частности является значительно более глубоким и широким понятием, чем экология человека и медицинская экология.

Основными разделами коммунальной гигиены являются:

1. *Гигиена воды и водоснабжения населенных мест.* В этом разделе научно обосновываются гигиенические нормативы качества воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения, обеспечивающего население безопасной в эпидемическом отношении, безвредной по химическому составу и благоприятной по органолептическим свойствам водой, а также устанавливается норма хозяйственно-питьевого водоснабжения в населенном пункте для обеспечения основных гигиенических функций воды. Рассматриваются вопросы о выборе наилучших источников водоснабжения, удовлетворяющих потребность населения в доброкачественной питьевой воде. Приведены методы обработки воды и обоснован выбор оптимальных, принципиальных схем водоснабжения населенных пунктов и отдельных объектов для обеспечения населения достаточным количеством доброкачественной питьевой воды. Определены гигиенические требования, которые следует выполнять при размещении оборудования и в процессе эксплуатации водопроводных сооружений и сетей для обеспечения качественной питьевой водой.

2. *Санитарная охрана водных объектов.* Научно обосновывает качество воды водных объектов с целью их использования в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения или для рекреационных целей. Изучает источники загрязнения водных объектов и их опасность для здоровья людей. Обосновывает ПДК химических и биологических загрязнителей в водных объектах, определяет условия сброса сточных вод в водные объекты в каждом конкретном случае для обеспечения надлежащего качества воды. Научно обосновывает принципиальные схемы канализования населенных пунктов и отдельно расположенных объектов. Определяет основные параметры

работы очистных канализационных сооружений, обеспечивающих высокоэффективную очистку сточных вод от органических, биологических и химических загрязнений. Принимает участие в создании новых очистных сооружений. Обосновывает гигиенические требования к размещению оборудования и эксплуатации очистных канализационных сооружений и сетей для обеспечения надлежащей эффективности очистки сточных вод.

3. *Санитарная охрана почвы и очистка населенных мест.* Этот раздел изучает источники и условия загрязнения почвы химическими и биологическими веществами. Научно обосновывает предельно допустимые концентрации экзогенных химических веществ (ИДК ЭХВ) в почве, исследует миграцию загрязнений в приземный слой атмосферы, накопления вредных веществ в продуктах растительного происхождения. Обосновывает санитарные требования к очистке населенных пунктов для создания в них здоровых условий жизни.

4. *Санитарная охрана атмосферного воздуха.* Изучает источники загрязнения атмосферы и условия, влияющие на интенсивность и дальность распространения атмосферных загрязнений. Научно обосновывает концентрации атмосферных загрязнений, которые являются безвредными для здоровья населения и не нарушают санитарно-бытовых условий проживания (предельно допустимые максимально разовые ПДК_{мр} и среднесуточные концентрации — ПДК_{сс}). Обосновывает гигиенические требования к размещению и эксплуатации народнохозяйственных объектов, которые являются источниками загрязнения атмосферы, для предупреждения появления в воздухе селитебных территорий концентраций атмосферных загрязнений, превышающих гигиенические нормативы.

5. *Гигиеническое значение физических факторов в условиях населенных мест.* Изучает влияние на здоровье и условия жизни населения таких физических факторов, как шум, вибрация, электромагнитные поля и т. д. Научно обосновывает ПДУ и другие мероприятия по предупреждению неблагоприятного воздействия физических факторов на здоровье и проживание населения в условиях населенных пунктов.

6. *Гигиена жилых и общественных зданий и сооружений.* Изучает, какие условия внутренней среды зданий и сооружений жилищно-гражданского назначения для человека являются оптимальными, какое значение имеют архитектурно-планировочные решения, инженерное оборудование, оформление и организация режима их эксплуатации для обеспечения гигиенических условий внутренней среды помещений.

7. *Гигиена планировки населенных мест.* Рассматривает оздоровительное значение природно-климатических условий и их роль в формировании благоприятных условий для проживания населения. Определяет, как следует их учитывать при планировке населенных пунктов, выборе территории под населенные пункты, функциональном зонировании и др. Научно обосновывает градостроительные мероприятия по использованию благоприятных природных факторов и уменьшения до безопасного уровня возможного неблагоприятного влияния некоторых из них. Устанавливает гигиенические требования к градостроительству вследствие возможного неблагоприятного влияния на условия жизни и здоровье населения комплекса антропогенных факторов окружающей среды.

8. *Здоровье населения как интегральный критерий оценки состояния окружающей среды.* Определяет методологические и методические подходы к изучению влияния факторов внешней и окружающей среды на здоровье населения в условиях населенных мест с применением математического аппарата и электронно-вычислительной техники. Научно обосновывает и планирует оздоровительные мероприятия по сохранению и укреплению здоровья населения в населенных пунктах на индивидуальном, коллективном и популяционном уровнях.

Связь коммунальной гигиены с другими научными дисциплинами представлена на схеме 1.

Таким образом, коммунальная гигиена своим объектом, предметом, задачами и методами исследования связана с общетеоретическими, общемедицинскими, лечебными, профилактическими дисциплинами, с немедицинскими дисциплинами, а также со многими научными направлениями и науками, которые на протяжении последних десятилетий выделились в самостоятельные отрасли.

Знание фундаментальных дисциплин (физики, химии, биологии, математики, статистики) необходимы специалисту по коммунальной гигиене для идентификации качественной и количественной характеристики природных и антропогенных физических, химических и биологических факторов окружающей среды. Состояние окружающей среды врач-гигиенист оценивает по результатам собственных инструментально-лабораторных исследований, данных Министерства экологии и природных ресурсов Украины, Государственного комитета водного хозяйства, Государственного комитета рыбного хозяйства, Комитета по гидрометеорологии, Комитета по геологии и т. п.

Коммунальная гигиена связана с социально-экономическими науками (социологией, политической экономией, философией и др.), поскольку на здоровье человека, наряду с природными и антропогенными факторами влияет социальное устройство общества, т. е. социальные условия.

К общемедицинским дисциплинам, без знания которых невозможно подготовить высококвалифицированного врача по коммунальной гигиене, относятся анатомия, физиология, патологическая анатомия, патологическая физиология, фармакология, иммунология, рентгенорадиология человека и др. Именно эти научные дисциплины формируют представления врача-профилактика о механизмах вредного воздействия опасных факторов окружающей среды и дает возможность научно обосновывать и применять средства патогенетической профилактики.

Если говорить о клинических дисциплинах, то коммунальная гигиена тесно связана, главным образом, с инфекционными болезнями, хирургией, терапией, акушерством и гинекологией, педиатрией, анестезиологией, психиатрией и др. В коммунальной гигиене широко используют клинические методики при проведении эпидемиологических исследований по определению влияния факторов окружающей среды на здоровье населения.

Среди профилактических дисциплин, прежде всего, следует выделить те, с которыми непосредственно связана коммунальная гигиена: эпидемиологию,

ВВЕДЕНИЕ

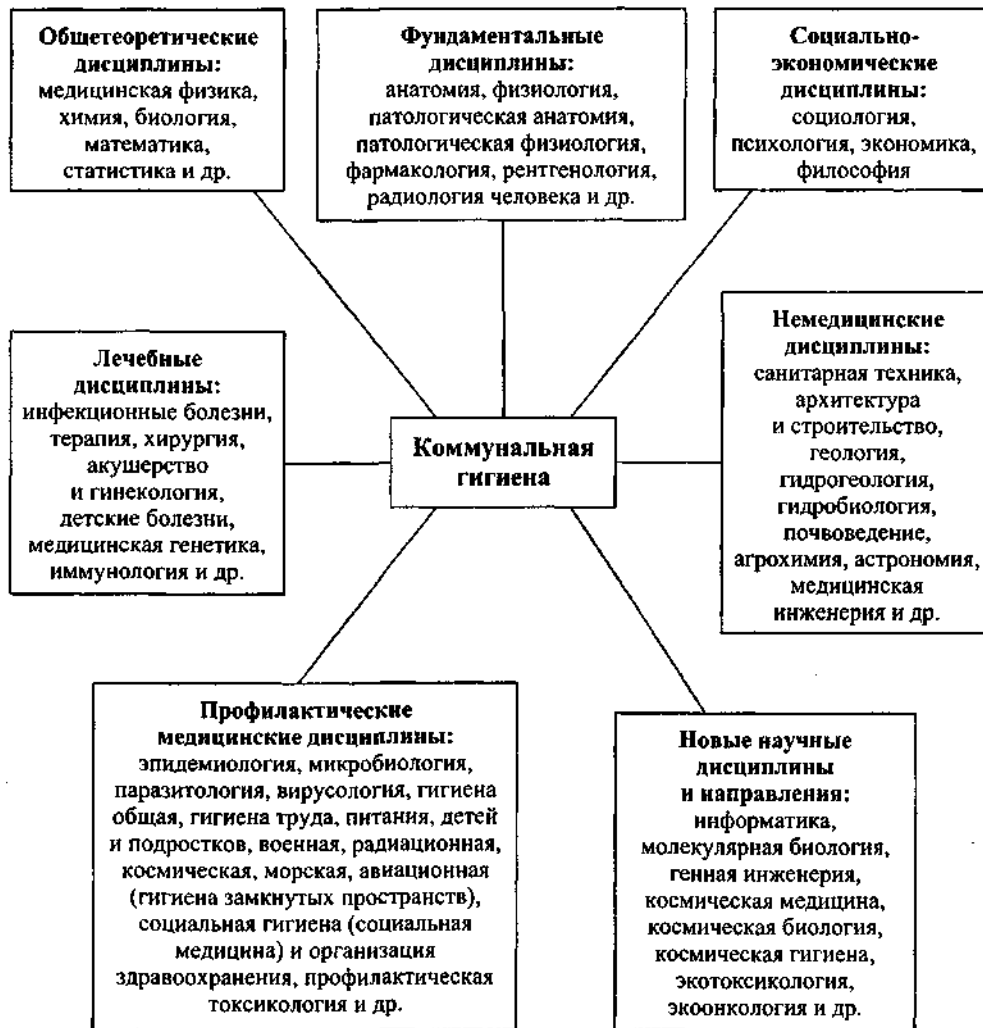


Схема 1. Связь коммунальной гигиены с другими научными дисциплинами

микробиологию, социальную гигиену (социальную медицину) и организацию здравоохранения. Что касается профильных гигиенических дисциплин, то коммунальная гигиена тесно связана с каждой из них (см. схему 1).

Коммунальная гигиена связана со многими немедицинскими дисциплинами. Среди них следует выделить санитарную технику, архитектуру, другие технические дисциплины, гидрогеологию, гидробиологию, почвоведение, климатологию, метеорологию, агрохимию, радиологию и др. Эта связь обусловлена тем, что с целью проведения оздоровительных мероприятий в области коммунальной гигиены создаются те или иные технические сооружения (водопровод, канализация, жилища, объекты культурно-бытового обслуживания населения, в частности кинотеатры, театры, библиотеки, спортивные сооружения,

парикмахерские, бани и др.). Поэтому врач по коммунальной гигиене обязан понимать устройство и правила содержания этих сооружений, уметь давать гигиеническое заключение по проектам этих сооружений и знать, как провести гигиеническую эффективность их работы.

Наконец, коммунальная гигиена тесно связана с такими новыми научными дисциплинами и направлениями, как информатика, космическая биология, медицина и гигиена, экотоксикология и экоонкология, молекулярная биология, генная инженерия. Следовательно, современный врач по коммунальной гигиене не может работать эффективно, если он не владеет персональным компьютером и не пользуется сетью Интернет, другими информационными источниками. Врачи-профилактики по коммунальной гигиене не могут владеть тонкостями работы других специалистов (инженеров, сантехников, архитекторов, геологов, гидрогеологов, метеорологов, экологов, агрохимиков, агрономов и др.), но, не понимая основ смежных дисциплин, с которыми они встречаются в процессе повседневной деятельности, они не смогут выполнить профессиональный долг — сохранить и укрепить здоровье населения.

Успех деятельности врача-профилактика по коммунальной гигиене в значительной мере зависит также от его личных качеств, умения контактировать с подконтрольными и другими лицами, использовать правильный стиль диалога и других форм общения, т. е. от его психологических способностей и навыков индивидуального подхода к каждому человеку, руководителям разных уровней (от местного до государственного), умения переубеждать их. Важно научить руководителя охранять здоровье человека, сделать его своим единомышленником.

Профессиональная деятельность современного врача-профилактика по коммунальной гигиене характеризуется рядом деонтологических особенностей. Во-первых, если в деонтологическом плане объектами профессиональной деятельности врача-лечебника является больной человек, его родственники, близкие, коллеги по работе, то деонтологические контакты врача-профилактика значительно более сложные и широкие. В процессе научного обоснования, внедрения и осуществления контроля за профилактическими мероприятиями он ежедневно общается с широким кругом должностных лиц: руководителями предприятий разных форм собственности, социально-бытового обслуживания населения, лечебно-профилактических учреждений, представителями законодательной и исполнительной власти, работниками государственной администрации района, города, области, страны, предпринимателями, различными контингентами и группами населения.

Во-вторых, если общение врача-лечебника с больным происходит по инициативе последнего вследствие его заболевания, ухудшения состояния здоровья, то в профессиональной деятельности врача-профилактика по коммунальной гигиене деловой контакт возникает, как правило, по инициативе врача. При этом он часто наталкивается на психологическое сопротивление и даже противодействие со стороны должностных лиц, предпринимателей. Отстаивая интересы государства, региона, города, коллектива предприятия, врач-профилактик по коммунальной гигиене часто вынужден вступать в конфликты,

обусловленные не характерологическими особенностями контактирующих лиц, а интересами дела.

Чтобы успешно выполнять обязанности, врач-профилактик по коммунальной гигиене должен быть высокообразованным. Иметь не только общую медицинскую подготовку, но и широкое гигиеническое и социальное мировоззрение, базирующееся на всесторонних знаниях смежных немедицинских дисциплин. Врач-профилактик должен быть сознательным гражданином, принципиальным, настойчивым, мужественным, исключительно ответственным работником. Знать законы, пропагандировать здоровый образ жизни, владеть ораторским искусством, быть дипломатом, проводить санитарно-просветительную работу среди населения. Без санитарного просвещения населения и, в частности, санитарной грамотности руководителей государства здравоохранение в стране не может быть эффективным. Решать такие задачи может только специалист профилактической медицины. Вот почему санитарного врача именуют Главным государственным врачом района, города, области, страны.

ИСТОРИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

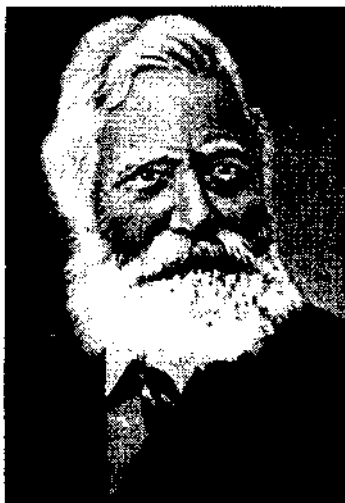
Коммунальная гигиена как самостоятельная отрасль гигиенической науки, основа практической деятельности учреждений санитарно-эпидемиологической службы, предмет преподавания юридически является сравнительно молодой дисциплиной. Вместе с тем, можно утверждать, что ее появление связано с рождением первого человека на земле, первого жилища, поселения. Она возникла и развивалась, исходя из непосредственных нужд практической жизни и свойственного человеку стремления к самосохранению.

История становления коммунальной гигиены тесно связана с общим процессом экономического, политического, социального и культурного развития континентов, отдельных государств и планеты в целом.

Более двух тысяч лет тому назад великий врач Гиппократ (около 460—370 гг. до н. э.) не только охарактеризовал влияние климата, воды, рельефа и периодов года на здоровье жителей разных местностей, но и дал сравнительное антропологическое описание народов, проживавших на европейском, азиатском и африканском побережьях Средиземного моря. В его научных трудах содержатся многочисленные доказательства того, что факторы окружающей среды, образ жизни оказывают определяющее влияние на формирование телесных (конституция) и духовных (темперамент) свойств человека. Гиппократа считают основоположником не только лечебной, но и профилактической медицины.

В древности многие народы, особенно греки и римляне, осуществляли определенные санитарные мероприятия, придерживались правил и предписаний, направленных на предупреждение заболеваний, особенно заразных, а также на охрану и укрепление здоровья. В Древней Греции уже осуществлялся санитарный надзор за размещением и строительством инженерно-технических сооружений.

На первых этапах развития гигиеническая наука формировалась крайне медленно. Мероприятия по оздоровлению условий жизни, быта жителей, благоустройству населенных мест разрабатывались и воплощались в жизнь в течение длительного времени. Вследствие этого в период Средневековья и почти до конца XIX ст. во всех европейских странах, в том числе и в Украине, отмечали высокую заболеваемость, смертность, массовые эпидемии. Лишь после появления холеры в годы промышленного развития Европы, в 30—40-е годы XIX ст. общество заинтересовалось вопросами санитарного благоустройства городов. Именно в этот период, как отмечал Ф.Ф. Эрисман, в Англии были начата большая работа по водоснабжению и канализации населенных мест. В пуб-



М. Петтенкофер
(1818—1901)



А.П. Доброславин
(1842—1889)

ликациях выдающихся гигиенистов Запада (Паркса, Петтенкофера, Флюгге, Рубнера и других) нашли отображение вопросы, ставшие со временем основой коммунальной гигиены.

В частности, известному ученому Макс Петтенкоферу (1818—1901), врачу по образованию, ученику известного химика Ю. Либиха, с 1865 г. — профессору созданной им первой кафедры гигиены в Мюнхенском университете, с 1879 г. — руководителю организованного по его проекту гигиенического института, принадлежит высказывание, что гигиене не достаточно знаний только о физиологии человека. Для развития этой науки нужны знания физиологии окружающей среды, поскольку от этого зависит состояние здоровья, а также знание свойств воздуха, воды, почвы, жилища, одежды и др. Основная заслуга М. Петтенкофера — разработка и внедрение в гигиену объективных (химических, физических) методов исследования факторов окружающей среды с целью их гигиенической оценки. Научные труды ученого, его роль в реорганизации преподавания гигиены, создании научной школы справедливо дают право называть его основоположником современной научной гигиены. Недаром в статье, посвященной памяти М. Петтенкофера, Ф.Ф. Эрисман писал: "Петтенкофер с полным правом может быть назван отцом экспериментальной гигиены".

Много внимания вопросам коммунальной гигиены уделяли ученые-гигиенисты в России — А.П. Доброславин и Ф.Ф. Эрисман.

Алексей Петрович Доброславин (1842—1889) в 1865 г. окончил Петербургскую медико-хирургическую академию, был в ней ординатором терапевтической клиники. После защиты диссертации находился в зарубежной командировке (два года работал в лабораториях М. Петтенкофера и К. Фойта) с целью подготовки к профессорскому званию по гигиене. После возвращения из-за границы возглавил (1871) первую в России кафедру гигиены Петербургской



Ф.Ф. Эрисман
(1842—1915)

медико-хирургической академии. Большое значение ученый придавал внедрению в практику гигиены лабораторных методов исследования, организовал химико-аналитическую гигиеническую лабораторию (впоследствии на базе этой лаборатории был создан санитарно-гигиенический научно-исследовательский институт). Ему принадлежит двухтомник "Гигиена. Курс общественного здоровья" (1882). Основал и редактировал первый в России гигиенический журнал "Здоровье" (1874). Был сторонником научно-исследовательского обоснования практических санитарных рекомендаций и хорошо понимал значение социальных факторов для возможности их реализации. Отмечал, что общая гигиена изучает влияние пищи, воздуха, почвы и др. на человека вообще и одновременно исследует воздействие внешних факторов на организм в определенном состоянии человека, в том числе в условиях населенных мест.

А.П. Доброславин принимал активное участие в научном обосновании мероприятий, связанных с оздоровлением Петербурга и прежде всего с его водоснабжением и канализованием. Руководил секцией по оздоровлению населенных мест, общественных и частных зданий и промышленных учреждений Российского общества охраны народного здоровья.

Усилиями А.П. Доброславина гигиена заняла равноправное место среди других дисциплин высшей медицинской школы. Но он допустил серьезную ошибку, утверждая, что гигиенисту для осуществления государственной деятельности не обязательно иметь медицинское образование. Против такого подхода категорически возражал Ф.Ф. Эрисман, который писал: "Если признать гигиенистами тех физиков и химиков, которые часами между прочим занимаются вопросами, близкими к санитарной науке, то этим, безусловно, нарушится принцип, положенный нами в основу всех гигиенических исследований и гигиены вообще, о связи исследуемых явлений со здоровьем человека, ибо вправе ли судить о влиянии какого-либо внешнего фактора на человеческий организм лицо, не получившее медицинского образования".

Федор Федорович (Фридрих Фридрихович) Эрисман (1842—1915) родился в Швейцарии. В 23-летнем возрасте он окончил Цюрихский университет. Сдал экзамен на степень доктора медицины и работал ассистентом в глазной клинике. В 1869 г. переехал в Россию, где начал деятельность как врач-окулист. Его внимание привлекла проблема влияния неблагоприятных санитарных условий обучения на развитие нарушений зрения (близорукости) у учащихся петербургских гимназий. На основании этого возник интерес к гигиене, и Ф.Ф. Эрисман прошел стажировку у М. Петтенкофера и К. Фойта.

Ф.Ф. Эрисман — один из инициаторов создания санитарных учреждений в дореволюционной России. При его участии формировались санитарные орга-

низации Московского губернского земства, санитарно-гигиенические лаборатории и санитарная станция в Москве (1884). Вместе с Е.Н. Дементьевым и А.В. Погожевым он исследовал условия труда и быта рабочих фабрик Московской губернии, что вызвало значительный общественный интерес. Большое значение Ф.Ф. Эрисман придавал вопросам благоустройства населенных мест, в частности их водоснабжению, канализированию, удалению нечистот, а также санитарным условиям некоторых общественных учреждений (больниц, казарм и жилищ рабочих). Известны также труды Ф.Ф. Эрисмана по вопросам коммунальной гигиены ("Настоящее состояние в санитарном отношении домов князя Вяземского в Петербурге", "Подвальные жилища в Петербурге" и др.).

Ф.Ф. Эрисман считается основоположником коммунальной гигиены. Его перу принадлежат труды по гигиене водоснабжения, в частности "К вопросу о качестве и количестве воды для водоснабжения городов" (1884). Известны выводы Ф.Ф. Эрисмана о водоснабжении г. Николаева, качества мытищенской воды, выбор места для водозабора Петербургского водопровода и др.

Ф.Ф. Эрисман рассматривал гигиену как науку, которая органически связана с медициной и является ее неотъемлемой частью. Он неоднократно подчеркивал социальное значение гигиены и писал по этому поводу: "Лишите гигиену ее общественного характера — и вы нанесете ей смертельный удар, превратите в труп, оживить который вам никогда не удастся". Широко известны его труды "Руководство по гигиене" и "Профессиональная гигиена, или гигиена умственного и физического труда" (1882).

Ф.Ф. Эрисман пользовался огромным авторитетом и уважением среди медиков разных специальностей. За поддержку прогрессивной части студенчества он был уволен в \ 1896 г. с должности заведующего организованной им кафедры гигиены Московского университета, которую возглавлял с 1882 г., после чего он вернулся в Швейцарию.

Имя Ф.Ф. Эрисмана носит Московский научно-исследовательский институт гигиены, основанный в 1921 г. на базе московской городской санитарной станции, открытой в 1891 г. по инициативе ученого.

В дореволюционный период началась деятельность известного гигиениста, талантливого ученика Ф.Ф. Эрисмана Георгия Витальевича Хлопина (1863—1929). Окончил физико-математический факультет Петербургского (1886) и медицинский факультет Московского (1893) университетов. Некоторое время заведовал кафедрой гигиены Одесского университета, затем возглавлял (1918—1929) кафедру общей и военной гигиены Военно-медицинской академии в Ленинграде. Автор учебников и пособий по гигиене, в частности "Основы гигиены", "Практические пособия по методам санитарных исследований"



Г.В. Хлопин
(1863—1929)



З.Г. Френкель
(1869—1970)

и др., редактор журнала "Гигиена и санитария". Исследованиями в области гигиены воды и санитарной охраны водоемов, жилищной гигиены и других вопросов оздоровления населенных мест он заложил основы коммунальной гигиены.

Из среды санитарных деятелей земской и городской медицинской организации вышли такие ученые-гигиенисты, как З.Г. Френкель, А.Н. Сысин, А.Н. Марзеев.

Захарий Георгиевич Френкель (1869—1970), заслуженный деятель науки, академик АМН СССР, в 1885 г. окончил университет в Юрьеве (Тарту) и приступил к работе в должности ординатора Обуховской больницы в Петербурге. С 1896 г. — земский врач Новолодожского уезда Новгородской губернии, затем — Петергофского санитарного участка. Заведовал земским губернским санитарным бюро в Вологде и Костроме. Врачебную работу сочетал с политической дея-

тельностью, вследствие чего был арестован. С 1910 г. читал курс общественной медицины в клиническом институте усовершенствования врачей и институте экспериментальной медицины. В 1919 г. возглавил кафедру общественной медицины (с 1922 г. — кафедра социальной гигиены), которой заведовал до 1951 г. В 1922 г. в Ленинградском государственном институте усовершенствования врачей основал кафедру коммунальной гигиены, которую возглавлял до 1953 г. Одновременно заведовал кафедрой социальной гигиены, гигиены и санитарного дела Ленинградского политехнического института. Организовал в Ленинграде Музей коммунальной и социальной гигиены. Проводил необычайно интересные экскурсии врачей по Ленинграду. Его лекции были высокосодержательными, знакомили слушателей с широким кругом проблем, связанных с коммунальной гигиеной, способствовали созданию у слушателей — студентов и санитарных врачей — надлежащего образа мышления и заинтересованности в этой отрасли медицины. Во время блокады З.Г. Френкель оставался в Ленинграде, самоотверженно работал, тяжело болел, однако продолжал читать лекции, выполнял обязанности члена Научного гигиенического общества, принимал участие в научно-практических конференциях. В 1943 г. Совет народных депутатов Ленинграда наградил его грамотой "За самоотверженную работу по охране здоровья населения Ленинграда в период Великой Отечественной войны". Он — автор более 300 научных трудов по социальной и коммунальной гигиене, санитарной статистике, геронтологии и др. Его книга "Основы общего городского благоустройства" длительное время служила пособием для санитарных врачей и коммунальных инженеров. Последние работы ученого вышли из печати в 1969 и 1979 гг.

Алексей Николаевич Сысин (1879—1956) — заслуженный деятель науки, действительный член АМН СССР. Окончил медицинский факультет Москов-

ского университета в 1908 г., работал земским врачом в Саратовской и других губерниях, а с 1913 г. — санитарным врачом Москвы. Во время Первой мировой войны руководил эвакуационным госпитальным делом и борьбой с эпидемическими заболеваниями в городе. А.Н. Сын — первый начальник санэпидотдела Народного комиссариата здравоохранения РСФСР. Вместе с Н.А. Семашко закладывал основы санитарного дела и санитарного законодательства. При участии А.Н. Сынина был подготовлен проект декрета "О санитарной охране жилищ", разработаны "Санитарные правила по постройке жилых зданий" (1929), "Временный стандарт качества воды, подаваемой в сеть хозяйственно-питьевых водопроводов" (1939) и другие документы.



А.Н. Сын
(1879—1956)

Одновременно проводил научную и педагогическую работу. Руководил кафедрой гигиены Первого Московского медицинского института, затем — кафедрой коммунальной гигиены Центрального института усовершенствования врачей. Основал и возглавил Институт общей и коммунальной гигиены АМН СССР (в настоящее время это Институт экологии человека и гигиены окружающей среды имени А.Н. Сынина). Написал два учебника по общей и коммунальной гигиене в соавторстве с А.Н. Марзеевым и В.А. Яковенко, издал двухтомное пособие "Основы коммунальной гигиены" (1936, 1938).

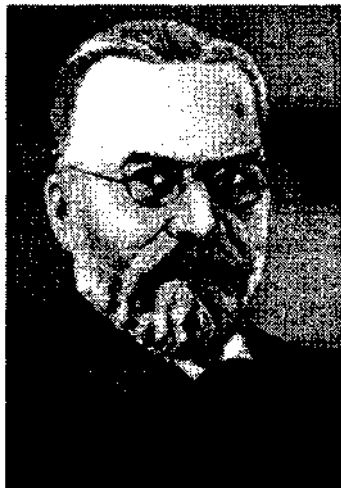
Плодотворно развивалась гигиеническая наука в Украине в конце XIX и в начале XX ст. Ее представителями были А.И. Якобий, В.А. Субботин, В.Т. Орлов, И.П. Скворцов, А.В. Корчак-Чепурковский и др.

Предистория этих событий начинается с 1871 г., когда на медицинском факультете Киевского университета Св. Владимира была создана одна из первых кафедр гигиены, медицинской полиции, медицинской географии и статистики, которую со времени основания до 1893 г. возглавлял профессор В.А. Субботин.

Виктор Андреевич Субботин (1844—1896) — один из пионеров гигиенической науки. Родился в г. Прилуки Черниговской губернии. Окончил медицинский факультет Киевского университета и ординатуру по терапии. В 1869—1871 гг. находился в заграничной командировке (значительную часть времени — у М. Петтенкофера), где проходил подготовку к получению профессорского звания. Вернувшись в Киев, организовал и более 20 лет (с 1871 г.) возглавлял кафедру гигиены в Киевском университете. Был инициатором создания в 1875 г. в Киеве городской санитарной комиссии. Автор первого учебника по гигиене (1880) и многих научных трудов в различных отраслях гигиены. Работы В.А. Субботина главным образом посвящены вопросам общей и коммунальной гигиены, прежде всего гигиене больниц, санитарной охране водоемов, медицинской географии. Проблемы охраны водоемов от загрязнения сточными



В.А. Субботин
(1844—1896)



И.П. Скворцов
(1847—1921)

водами предприятий сахарной промышленности освещены в специальном труде В.А. Субботина.

Иринарх Полихрониевич Скворцов (1847—1921) родился в селе Ромашкино Бузулукского уезда Самарской губернии. В 1871 г. окончил Казанский университет и стал врачом. В 1874 г. защитил докторскую диссертацию на тему "Материалы для анатомии и гистологии сердца и его оболочек". В 1875 г. приступил к работе в Казани, где заведовал университетской кафедрой гигиены. В трудах И.П. Скворцова можно заметить тенденцию к выделению вопросов коммунальной гигиены. Он занимался проблемами санитарного благоустройства города и санитарными условиями жизни населения. В 1878 г. в связи с русско-турецкой войной создал первое в России пособие "Краткий курс военно-полевой гигиены для офицеров и военных врачей". С 1882 по 1885 г. заведовал кафедрой гигиены Варшавского университета. В этот период опубликовал материалы о санитарном состоянии в России путей сообщения городов и сел, а также отчет о поездках по Волге, Каме и Уралу.

В 1885 г. И.П. Скворцов перешел на кафедру гигиены в Харьковский университет, где работал до 1906 г. (кафедра гигиены в Харьковском университете была основана в 1873 г., и первым ее заведующим был А.И. Якобий). Написал в эти годы "Курс общественной гигиены". В 1886 г. опубликовал собственную программу преподавания курса гигиены, которая отличалась четкой социальной направленностью. Ему принадлежит высказывание о социальной сущности гигиены, ее зависимости от политического и экономического устройства: "Гигиена занимается не личными интересами, а общественными, составляя часть науки о человеческом обществе, и не дробит человека, а берет его целиком со всеми его телесными, умственными и нравственными качествами. Предметом исследования современной гигиены является влияние на людей как при-

роды вообще, так и той обстановки, которая выработана исторически самими же людьми!"¹.

К когорте выдающихся общественных деятелей и первых санитарных врачей Украины принадлежит уроженец Полтавщины Авксентий Васильевич Корчак-Чепурковский (1857—1947). После окончания в 1883 г. медицинского факультета Харьковского университета работал земским участковым и санитарным врачом, с 1899 по 1907 г. — городским санитарным врачом в Киеве. Осуществлял большую научно-педагогическую работу как доцент кафедры гигиены Киевского университета (читал лекции по медицинской статистике и эпидемиологии), заведовал кафедрой гигиены Киевского медицинского института (1922—1923). Принимал активное участие в пропаганде гигиенических знаний, организационно-практической работе, направленной против распространения инфекционных заболеваний. Автор ряда научных трудов по профилактической медицине, в том числе таких, как "Изменение смертности в г. Киеве с момента введения в нем канализации" (1901), "Наши гражданско-санитарные потребности" (1905), "Программа курсов социальной и промышленной гигиены" (1909) и др. В марте 1921 г. его (первым среди медиков Украины) избрали действительным членом Академии наук. Входил в состав Всеукраинского Центрального Исполнительного Комитета.

Значительную педагогическую, научно-исследовательскую и медико-профилактическую работу на указанной кафедре проводили ее заведующие, известные профессора-гигиенисты — В.Д. Орлов (1893—1914), К.Э. Добровольский (1914—1922), В.В. Удовенко (1923—1929), Ф.А. Баштан (1930—1932). В 20-е годы вследствие дифференциации гигиенических дисциплин выделились специализированные кафедры гигиенического профиля. В 1923 г. была создана кафедра социальной гигиены, из которой выделилась в самостоятельную кафедра профессиональной гигиены. Дифференциация гигиены, государственный характер профилактической медицины, расширение сферы ее деятельности и в связи с этим — острая потребность в активизации подготовки санитарных врачей и врачей-эпидемиологов явились предпосылкой создания самостоятельного факультета по подготовке врачей-профилактиков. Таким образом, в 1930 г. в Киевском медицинском институте одновременно с лечебно-профилактическим факультетом и факультетом охраны материнства и детства был организован санитарно-гигиенический факультет.

Указанные события в жизни Киевского медицинского института происходили на фоне принятия важных государственных решений в отношении совершенствования медико-профилактической деятельности. Декретом о санитарных органах республики в 1922 г. были законодательно закреплены основные положения о санитарной службе, ее правах и обязанностях. В народных комиссариатах здравоохранения Украинской ССР были организованы санитарно-противоэпидемические отделы. Велись поиски оптимальной структуры и форм деятельности учреждений санитарно-эпидемиологической службы. Первым заведующим таким отделом в Украине (1920—1922) был известный гигие-

нист В.Г. Соболев, который затем проводил большую научно-организационную и преподавательскую работу по гигиене, в частности в Харькове. В 1922 г. начальником санэпидотдела Наркомздрава УССР был избран А.Н. Марзеев, который привлек к работе в санитарно-эпидемиологическом отделе наиболее опытных и прогрессивных земских санитарных врачей М.Ю. Бродского, Н.В. Евменьева, А.И. Пыжева, С.А. Томилина, Л.Д. Ульянова и других известных специалистов. С этого времени регулярно созывались санитарные советы, в которых вначале участвовали все санитарные врачи, а со временем, после увеличения санитарной организации, — их представители. Более 10 лет, до перевода в 1934 г. Наркомздрава УССР в Киев, А.Н. Марзеев руководил санитарно-противоэпидемической службой Украины, принимал участие в подготовке санитарных законодательных актов. В частности, в 1922 г. на съезде санитарных врачей Украины именно А.Н. Марзеев выдвинул идею организации на местах санитарно-эпидемиологических станций (СЭС) как основного звена санитарно-эпидемиологической службы. Первая СЭС была создана в 1922 г. в Гомеле. Вскоре, в 1927 г., в УССР, а впоследствии и на всей территории СССР начали действовать районные, городские и областные СЭС.

Основным содержанием работы санитарно-эпидемиологической службы в 20—30-е годы была ликвидация тяжелых санитарных последствий гражданской войны, разработка и внедрение рекомендаций по строительству и реконструкции населенных мест, изучение и оздоровление условий быта и труда рабочих металлургической, горнодобывающей и других отраслей промышленности, санитарный надзор за строительством и эксплуатацией водопроводных и канализационных сооружений, очисткой населенных мест, качеством атмосферного воздуха и др. Большое внимание уделялось повышению санитарного просвещения населения, формированию санитарного актива.

Привлечение санитарных врачей к решению практически всех принципиальных вопросов проектирования, реконструкции и строительства населенных мест, промышленных предприятий, учебных заведений, организация общественного питания, оптимизация условий труда и быта превратилась в норму деятельности государственных предприятий и учреждений. В связи с большим объемом промышленного и гражданского строительства с целью обеспечения предупредительного санитарного надзора, в 1933 г. была создана Всесоюзная государственная санитарная инспекция (ВГСИ).

Таким образом, в 30-е годы в Украине сложилась четкая система государственного санитарного надзора со своей научной базой и реальными правами. В ней начали работать выпускники гигиенических факультетов медицинских вузов.

В 1930 г. в Киевском медицинском институте с целью организации санитарно-гигиенического факультета был создан организационный комитет под руководством профессора С.И. Радченко. В его состав вошли С.С. Познанский, М.П. Нещадименко, С.Н. Ручковский, А.В. Корчак-Чепурковский и другие специалисты. Первым деканом факультета стал доцент С.С. Познанский, будующий (1936—1941) заведующий кафедрой коммунальной гигиены. Вначале на санитарно-гигиеническом факультете обучались 4 года. В 1930 г. на санитар-

но-гигиенический факультет Киевского медицинского института было зачислено 100 студентов. В соответствии с постановлением Центрального Исполнительного Комитета СССР от 3 сентября 1934 г., на всех санитарно-гигиенических факультетах по подготовке санитарных врачей, бактериологов-эпидемиологов и врачей пищевой санитарии был установлен 5-летний срок обучения с началом специализации на 5-м курсе.

Первое десятилетие функционирования санитарно-гигиенического факультета Киевского медицинского института было годами становления профильных кафедр. С целью подготовки квалифицированных кадров санитарно-эпидемической службы разрабатывались первые программы и учебные планы, создавались и оборудовались кабинеты и лаборатории, формировались педагогические коллективы. К преподаванию на факультете широко привлекались практические санитарные врачи. Поскольку в довоенные годы в программе значительный удельный вес занимали основы санитарной техники, строительного дела и технических аспектов охраны труда, для чтения лекций и проведения практических занятий приглашались инженеры. Обязательным элементом учебного процесса стали практические занятия с использованием объективных методов инструментально-лабораторного обследования объектов окружающей среды. Одновременно разрабатывались и укреплялись формы взаимосвязи профильных кафедр с СЭС как учебными базами факультета. Такую связь признали одним из наиболее важных элементов интеграции науки, практики и учебного процесса подготовки специалистов в области гигиены и эпидемиологии. Только в предвоенные годы факультет выпустил около 570 высококвалифицированных санитарных врачей и врачей-эпидемиологов.

В 1930—1933 гг. кафедру общей гигиены в Киевском медицинском институте возглавлял профессор Ф.А. Баштан. Под его руководством на кафедре были организованы доцентские курсы. С 1930 г. курс санитарной гидротехники на кафедре вел профессор В.К. Красницкий. С 1931 по 1936 г. курс по геологии, гидрологии и гидрометеорологии преподавал профессор С.К. Комарницкий. Доцент М.И. Квятковский вел курс основ теплоснабжения, отопления и вентиляции домов и гражданских сооружений. Доцент В.Л. Тулуб, а затем инженер А.А. Дубровцев читали основы строительной техники и черчения. Врач С.М. Лихницкий с 1932 по 1935 г. читал студентам курс жилищно-коммунальной гигиены. Профессор Ф.А. Баштан в 1931 г. впервые в Киевском медицинском институте прочитал самостоятельный курс коммунальной гигиены для тех студентов лечебно-профилактического факультета, которые в течение последнего года обучения специализировались по санитарно-гигиенической специальности (так называемые санитарные уклоны). Решение об этом в 1921 г. приняла Всеукраинская конференция по медицинскому образованию. Среди студентов-старшекурсников были такие известные в будущем ученые-гигиенисты, как Г.Х. Шахбазян, Р.Д. Габович и др. Именно первым самостоятельным курсом, прочитанным профессором Ф.А. Баштаном, была основана кафедра коммунальной гигиены (ныне коммунальной гигиены и экологии человека) Национального медицинского университета им. А.А. Богомольца.

В 30-е годы на санитарно-гигиеническом факультете Киевского медицинского института были созданы профильные кафедры эпидемиологии, гигиены питания, гигиены детей и подростков, коммунальной гигиены. Последнюю организовали путем объединения в 1935 г. доцентур по санитарной гидротехнике, геологии и метеорологии, отопления и вентиляции, строительной техники, жилищно-коммунальной санитарии. Первым заведующим кафедрой (1935—1936) был избран доцент Н.В. Евменьев, в прошлом земский санитарный врач, приобретенный А.Н. Марзеевым к работе в санитарно-эпидемиологическом отделе Наркомздрава УССР. Кафедра в тот период размещалась в одном из помещений Киевского университета. Из Киева Н.В. Евменьев переехал в Днепропетровск. В 1940/1941 учебном году в Днепропетровске была организована кафедра коммунальной гигиены. С этого времени и до 1952 г. он являлся ее заведующим.

С 1937 по 1941 г. кафедра коммунальной гигиены Киевского медицинского института размещалась в помещении бывшего "Анатомикума" по ул. Ленина, 37 (ныне ул. Б. Хмельницкого, 37). Ее возглавлял доцент С.С. Познанский, читавший курс лекций вплоть до 1941 г. Кафедра имела несколько лабораторий для изучения в экспедиционных условиях качества питьевой воды и сточных вод, определения уровней загрязнения воздуха. Занятия проводились как в лабораториях, так и непосредственно на объектах. Разворачивались и научные исследования, особенностью которых была тесная связь с запросами практического здравоохранения. Укреплялась взаимосвязь профильных кафедр и СЭС как учебной базой факультета. В целом довоенный период научно-исследовательской деятельности кафедры коммунальной гигиены характеризовался стремлением охватить вопросы, которые возникли в ходе развития промышленности и сельского хозяйства и касались благоустройства поселений. Это был период научного становления кафедры, поиска путей и направлений ее интересов. В этот период были выполнены научно-исследовательские работы на такие темы: "Санитарная характеристика и требования к очистке сточных вод санитарных пропускников", "Загрязнение атмосферного воздуха г. Киева по данным снежных проб", "Подземное орошение как метод очистки сточных вод отдельно расположенных домов", "Уличный шум в г. Киеве и его значение при проектировании школьных строений".

На кафедре общей гигиены изучались вопросы водоснабжения населенных мест (докторская диссертация П.И. Баранника).

Кафедра коммунальной гигиены прекратила деятельность в связи с началом Великой Отечественной войны. В 1941—1943 гг. факультет как единое учебное подразделение не функционировал. Лишь кафедра общей гигиены, возглавляемая профессором П.И. Баранником, работала при лечебном факультете. В условиях эвакуации сначала в Харькове, а затем в Челябинске, кафедра сумела обеспечить учебный процесс. Уже в октябре 1941 г. здесь не только читали плановые лекции, но были также организованы лабораторные и практические занятия. Не прекращалось проведение научных работ. Исследовались санитарные условия спуска сточных вод в открытые водоемы промышленными предприятиями и качество питьевой воды в Челябинске и Златоусте. Изуча-



А.Н. Марзеев
(1883—1956)



П.И. Баранник
(1895—1988)

лись условия труда на заводе ферросплавов и других промышленных предприятий, обосновывались профилактические мероприятия по ликвидации очагов сыпного тифа, дизентерии и др.

В деятельности кафедры коммунальной гигиены Киевского медицинского института (ныне Национального медицинского университета им. А.А. Богомольца) во второй половине XX ст. можно выделить 4 периода развития.

Первый, послевоенный, период деятельности кафедры тесно связан с именем заслуженного деятеля науки, действительного члена АМН СССР Александра Никитича Марзеева (1883—1956). Родился А.Н. Марзеев в Нижнем Новгороде. В 1899 г. окончил Московский учительский институт, в 1911 г. — медицинский факультет Московского университета. Еще студентом последнего курса принимал участие в борьбе с эпидемией холеры на Донбассе. С той поры всю жизнь посвятил борьбе с эпидемиями, делу санитарного оздоровления страны. На протяжении 47 лет работал в Украине, из них 20 — в Харькове. Сначала был земским врачом Верхнеднепровского уезда Екатеринославской губернии. Во время первой мировой войны (1914—1918) прошел путь от военного до главного санитарного врача Румынского фронта. После демобилизации возвратился к санитарной работе, в Мариуполе. В 1922 г. основал журнал "Профилактическая медицина", который пользовался большой популярностью у санитарных врачей. Со временем началась его педагогическая деятельность в высших учебных медицинских заведениях страны. С 1931 г. А.Н. Марзеев являлся директором созданного по его инициативе в Харькове Украинского научно-исследовательского института коммунальной гигиены и одновременно заведующим кафедрой гигиены Украинского института усовершенствования врачей и кафедрой коммунальной гигиены Харьковского медицинского института. Обе кафедры он возглавлял до 1941 г. Во время войны А.Н. Марзеев за-

ведовал кафедрой эпидемиологии в Алма-Атинском медицинском институте. После войны Институт коммунальной гигиены начал работать в Киеве. Александр Никитич являлся его директором с момента основания и до последнего дня жизни. После смерти А.Н. Марзеева его имя было присвоено Украинскому НИИ общей и коммунальной гигиены (ныне Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины). Деятельность института была направлена на решение гигиенических проблем, связанных с важнейшими сторонами жизни страны. В этот период научные исследования были посвящены гигиенической оценке жилищных условий населения Киева, изучению эффективности малых квартальных печей для сжигания мусора, созданию зоны санитарной охраны курорта Ворзель. Сам А.Н. Марзеев, одновременно возглавляя как кафедру, так и НИИ коммунальной гигиены, работал над двумя темами: "Разрушение городов Украины во время войны и оккупации и гигиенические основы их восстановления" и "Разрушение сельских населенных мест на Украине во время войны и оккупации и гигиенические основы их восстановления". Эти работы выполнялись преимущественно на базе НИИ коммунальной гигиены, поскольку на кафедре еще не было необходимой материальной базы.

Вскоре после освобождения Киева Киевский медицинский институт был реэвакуирован, и в нем возобновили деятельность санитарно-гигиенический факультет и кафедра коммунальной гигиены. В 1944 г. ее возглавил А.Н. Марзеев, которой руководил до конца жизни. Одновременно он возглавлял и кафедру коммунальной гигиены Института усовершенствования врачей.

В 1951 г. вышел первый учебник А.Н. Марзеева для студентов санитарно-гигиенических факультетов медицинских институтов "Коммунальная гигиена", который впоследствии перевели на польский и китайский языки. В написании учебника принимали участие профессора С.С. Англицкий, М.М. Данциг, В.М. Жаботинский, В.М. Майданский. Перечень 186 работ А.Н. Марзеева свидетельствует о его разносторонней деятельности и чрезвычайно разнообразных научных интересах ученого. Излюбленными его объектами были Донбасс и украинское село. После тяжелой операции незадолго до смерти этот подвижник подготовил к печати рукопись 2-го издания учебника "Коммунальная гигиена", а также личные воспоминания о деятельности в качестве санитарного врача, которые вышли в 1965 г. под названием "Записки санитарного врача". Учебник выдержал четыре издания (1951, 1968, 1971, 1979). Третье и четвертое его издания переработал и дополнил профессор В.М. Жаботинский (1895—1983). С 1943 по 1973 г. он заведовал кафедрой коммунальной гигиены Харьковского медицинского института. В.М. Жаботинский был членом Союза архитекторов СССР, принимал участие в решении проблем водоснабжения и канализирования Донбасса. Учебник стал настольной книгой не только для студентов медицинских институтов, но и практических санитарных врачей.

А.Н. Марзеев пользовался большим авторитетом как среди врачей-гигиенистов и эпидемиологов, так и инженеров и архитекторов. Был избран членом правления Союза архитекторов Украины, первым председателем Украинского научного общества гигиенистов. Однако всегда считал и называл себя санитарным врачом.

После разрешения проблем ликвидации последствий войны, восстановления разрушенных городов, сел, промышленности, сельского хозяйства, а также с учетом перспективных планов развития экономики, народного хозяйства, культуры, освоения новых территорий перед гигиеной, в частности коммунальной, и санитарной службой встали качественно новые задачи.

Если в довоенные годы основным объектом научного изучения и практической деятельности коммунальных гигиенистов были преимущественно санитарно-технические аспекты здравоохранения и оздоровления атмосферного воздуха населенных мест, поверхностных водоемов, благоустройства населенных мест и отдельно расположенных объектов, то в новых условиях актуальным стало изучение гигиенического регламентирования влияния на здоровье населения отдельных факторов окружающей среды и их комплекса в условиях научно-технического прогресса. Производство и использование новых химических веществ и соединений в сельском хозяйстве, промышленности, строительстве, быте сделали обязательным изучение закономерностей транслокации этих веществ в биосфере и выявления особенностей канцерогенного, аллергенного, мутагенного и других видов их воздействия на человека. Актуальной стала проблема гигиенического нормирования содержания различных веществ в атмосферном воздухе, почве, воде, пищевых продуктах, воздухе помещений.

Значительное распространение и социальное значение сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний неинфекционной природы обусловили потребность в выявлении и гигиеническом изучении экзогенных факторов, их возникновения и течения. Творческое сотрудничество коммунальных гигиенистов и онкологов дало возможность получить новые данные об источниках и последствиях загрязнения атмосферного воздуха и других объектов окружающей среды полициклическими углеводородами и другими химическими канцерогенами, обобщить принципы регламентации их содержания в воздухе, почве и воде.

Объектом гигиенических исследований стали следующие факторы окружающей и производственной среды: электромагнитные излучения, шумовибрационные влияния, изменения погодно-климатических условий и др.

На основании новых научных подходов и в тесной связи с запросами практического здравоохранения активизировалось изучение вопросов проектирования и эксплуатации лечебно-профилактических учреждений, очистки сточных вод в зависимости от различного уровня благоустройства объектов, микроэлементного состава воды, почвы, параметров микроклимата, воздушной среды, общественных и жилых помещений, использования ультрафиолетового излучения в профилактических целях. Значительное внимание уделялось проблемам гигиены села — условиям труда, быта, отдыха и оздоровления работников сельского хозяйства, проводилось все больше исследований, связанных с освоением космического пространства, территориально-промышленных комплексов, внедрением новых технологий.

Научной разработкой этих вопросов гигиены активно занимались выдающиеся деятели в области коммунальной гигиены, выходцы из Украины и России Ф.Г. Кротков, М.Ф. Галанина, В.А. Углов, В.А. Горбов, М.И. Хлебников,



С.Н. Черкинский
(1897—1980)

А.А. Кирпичников, Д.Н. Калюжный, В.А. Рязанов, А.А. Минх, М.К. Игнатов, Р.А. Бабаянц, С.Н. Черкинский, Г.И. Сидоренко, К.А. Буштуева, Н.Н. Литвинов, С.С. Познанский, П.И. Баранник, Л.И. Медведь, В.М. Жаботинский, Р.Д. Габович, В.А. Яковенко, Н.Н. Квитницкая, Х.А. Зарывайская, Я.И. Костовецкий, С.Я. Найштейн, Е.И. Спыну, Н.Я. Янышева, В.З. Мартынюк, их многочисленные ученики и сотрудники.

Среди российских гигиенистов следует выделить С.Н. Черкинского и В.А. Рязанова.

Самуил Наумович Черкинский (1897—1980) — доктор медицинских наук (1939), профессор (1940), член-корреспондент АМН СССР (1945), заслуженный деятель науки РСФСР (1968). В 1922 г. окончил медицинский факультет Московского университета, в 1933 г. — Московский инженерно-строительный институт им. В.В. Куйбышева. С 1922 по 1929 г. работал уездным

санитарным врачом, в 1930—1933 гг. — в Московском институте изучения профессиональных болезней им. В.А. Обуха (ныне Институт гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН России), а с 1933 по 1956 г. — в Московском санитарном институте им. Ф.Ф. Эрисмана (ныне Московский научно-исследовательский институт гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана МЗ России). Одновременно с 1936 г. — доцент, а с 1938 г. — заведующий кафедрой коммунальной гигиены Первого Московского медицинского института.

Автор более 260 научных работ, в том числе ряда монографий. Основным направлением исследований С.Н. Черкинского и созданной им школы были разработка проблемы санитарной охраны водоемов, гигиены воды и водоснабжения. Он являлся одним из основоположников гигиенического нормирования химических веществ в водной среде. Предложенная им методическая схема и донныне не утратила теоретического и научно-практического значения в санитарной охране водоемов. С.Н. Черкинский — один из разработчиков первых отечественных документов по стандартизации качества питьевой воды и воды источников водоснабжения.

С.Н. Черкинский был членом президиума ученого медицинского совета МЗ СССР и МЗ РСФСР, правления Всесоюзного и Всероссийского обществ гигиенистов, редактором редакционного отдела "Гигиена" Большой медицинской энциклопедии и консультантом-редактором ее 2-го издания. Почетный член научных медицинских обществ Чехии, Болгарии, Венгрии и ГДР. За работу "Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы" был удостоен премии им. Ф.Ф. Эрисмана АМН СССР (1963).

Владимир Александрович Рязанов (1903—1968) — заслуженный врач РСФСР, академик АМН СССР, профессор. В 1926 г. окончил медицинский факультет Воронежского университета, после чего работал санитарным врачом и

с 1930 по 1945 г. в Перми возглавлял областную санитарную организацию, проводя одновременно практическую и научную работу. В 1943 г. его избрали профессором, заведующим кафедрой коммунальной гигиены Пермского медицинского института. В 1946—1952 гг. В.А. Рязанов — заместитель министра здравоохранения, Главный государственный санитарный инспектор РСФСР. Одновременно был заместителем директора по науке Московского научно-исследовательского института гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана. На протяжении 12 лет (1952—1964) возглавлял кафедру коммунальной гигиены в Центральном институте усовершенствования врачей, а с 1962 г. — директор Научно-исследовательского института общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Сысина АМН СССР.



В.А. Рязанов
(1903—1968)

Основные его исследования посвящены санитарной охране атмосферного воздуха, принципам гигиенического нормирования в этой отрасли, обоснованию ПДК, загрязнений, поступающих в воздух, преимущественно промышленного происхождения. В монографии "Санитарная охрана атмосферного воздуха" (1954) им впервые широко представлены основы теоретических исследований и практической деятельности в этом направлении. В многотомном пособии по коммунальной гигиене В.А. Рязанов является автором раздела "Гигиена атмосферного воздуха" (1961).

В.А. Рязанов принимал активное участие в общественной жизни. С 1956 по 1962 г. он был председателем Всероссийского, а с 1962 г. — заместителем председателя Всесоюзного общества гигиенистов и санитарных врачей по проблеме атмосферных загрязнений, экспертом Совета экономической взаимопомощи, а также Всемирной организации здравоохранения.

В послевоенные годы коммунальная гигиена получила особое развитие. Объединение натурных и экспериментальных исследований дало возможность накопить данные о санитарном режиме рек, водоемов и прибрежной полосы морей, установить закономерности в отношении влияния промышленных сточных вод.

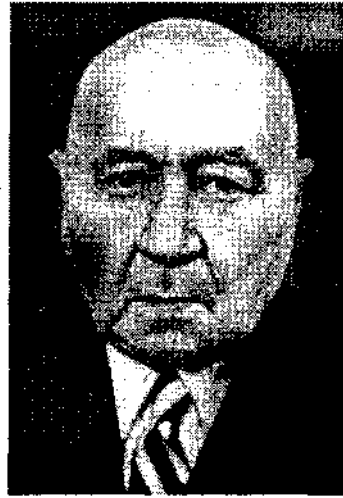
Исследования были связаны также с поступлением в атмосферный воздух выбросов промышленных предприятий. Определены зоны и условия рассеивания выбросов, их влияние на санитарное состояние населенных мест и, что особенно важно, — на здоровье населения. Для различных веществ установлены специфичность вызываемых ими патологических изменений.

Особое значение приобрели эксперименты по выяснению характера воздействия химических веществ на организм теплокровных. Это дало возможность обосновать ПДК этих веществ в питьевой воде и атмосферном воздухе.

Такие нормативы установлены для сотен веществ. Они утверждены Министерством здравоохранения. Ими руководствуются при строительстве и экс-



В.З. Мартынюк
(1895—1980)



В.М. Жаботинский
(1895—1983)

плутации многочисленных предприятий и сооружений. В этом же направлении проводились экспериментальные исследования новых синтетических строительных материалов. Результаты проведенных на всей территории СССР исследований и экспериментального изучения жилища легли в основу новых нормативов. Работы прибавилось в связи с развитием химической промышленности, в частности предприятий синтетической химии. Экспериментальные исследования в этом направлении способствовали гигиеническому обоснованию ПДК новых химических веществ в атмосферном воздухе и воде водоемов.

В 1956 г., после смерти академика А.Н. Марзеева, кафедру коммунальной гигиены Киевского медицинского института возглавил его ученик, член-корреспондент АМН СССР, заслуженный деятель науки УССР профессор Денис Николаевич Калюжный (1900—1976). Окончив в 1926 г. Харьковский медицинский институт, Д.Н. Калюжный с 1932 г. работал в Украинском научно-исследовательском институте коммунальной гигиены под руководством А.Н. Марзеева. Во время Великой Отечественной войны был начальником санитарно-эпидемиологической лаборатории 1-го Украинского фронта. С 1946 г. по 1956 г. работал вначале заместителем директора по науке, а затем и директором (1956—1971) Научно-исследовательского института общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева и одновременно заведовал кафедрами коммунальной гигиены Киевского государственного института усовершенствования врачей (1946—1956 и 1965—1970) и медицинского института (1956—1960). Вместе с Д.Н. Калюжным на кафедре работали ассистенты М.В. Крыжановская, Т.В. Игнатъева, И.Л. Куринный. Научные исследования кафедры в этот период были посвящены преимущественно изучению влияния выбросов металлургических заводов и предприятий химической промышленности на состояние атмосферного воздуха населенных пунктов и здоровье населения.

Под руководством Д.Н. Калюжного ассистенты М.В. Крыжановская, Т.В. Игнатьева разрабатывали тему "Научное обоснование санитарно-защитных зон для предприятий строительной индустрии". На основании их выводов был вынесен за пределы жилой зоны Киева асфальто-толевый завод.

Д.Н. Калюжный опубликовал более 200 научных работ, посвященных санитарной охране атмосферного воздуха, гигиене планировки и благоустройства *населенных мест*, *гигиеническим* вопросам полевого размещения войск. Он раскрыл механизмы действия на организм ряда загрязнителей воздушной среды, закономерности их распространения вокруг металлургических предприятий. Эти работы стали основой санитарной классификации промышленных предприятий и научного обоснования размеров санитарно-защитных зон. Продолжая исследования своего учителя А.Н. Марзеева по проблемам гигиены села, Д.Н. Калюжный внес значительный вклад в гигиеническую мотивацию прогнозов развития благоустройства и застройки сельских населенных мест Украины, зонирования их территории с учетом загрязнения окружающей среды и др.



Д.Н. Калюжный
(1900—1976)

На основании новых научных подходов и в тесной связи с потребностями практического здравоохранения активизировалось изучение вопросов проектирования и эксплуатации лечебно-профилактических учреждений, регламентация параметров микроклимата и воздушной среды общественных и жилых помещений, усовершенствования методов очистки сточных вод в зависимости от различного уровня благоустройства объектов. Большое внимание уделялось проблемам гигиены села, а именно: условиям труда, быта, отдыха и оздоровления работников сельского хозяйства, гигиеническому регламентированию применения химических средств защиты растений. Проводились исследования, связанные с освоением космического пространства, с созданием территориально-промышленных комплексов, внедрением передовых технологий. Изучался микроэлементный состав воды и почвы, целесообразность использования ультрафиолетовых излучений с профилактической целью.

В 1960 г. заведующим кафедрой коммунальной гигиены в Киевском медицинском институте был избран профессор Рафаил Давыдович Габолич (1909—2002), который на последнем году обучения в Киевском медицинском институте специализировался по *санитарно-гигиенической специальности* и прослушал первый курс коммунальной гигиены, прочитанной в 1931 г. профессором Ф.А. Баштаном. Профессор Р.Д. Габолич привлек к работе на кафедре молодых перспективных сотрудников Е.И. Гончарука, В.И. Циприяна, Г.А. Степаненко, И.И. Никберга, В.Г. Бардова, которые впоследствии стали известными учеными. Сегодня профессор В.Г. Бардов возглавляет кафедру пропедевтики



Р.Д. Габович
(1909—2002)

гигиены и радиационной гигиены. Здесь также плодотворно работает Г.А. Степаненко; В.И. Циприян возглавляет кафедру гигиены питания. В научной тематике кафедры стало ведущим экспериментальное направление исследований в области гигиены водоснабжения, очистки и обеззараживания сточных вод, изучения гигиенического значения микроэлементного состава объектов окружающей среды. Одним из направлений научной работы коллектива кафедры были исследования Р.Д. Габовича по изучению гигиенического значения фтора, содержащегося в питьевой воде. В условиях эксперимента Р.Д. Габович изучил обмен фтора в организме и влияние воды с его различными концентрациями на функциональное состояние органов и систем, а также на некоторые показатели реактивности организма. Исследовал и описал заболеваемость флюорозом и кариесом населения Украины. Первым охарактеризовал очаги флюороза на территории Украины и указал на взаимосвязь концентрации фтора в питьевой воде и клинической картины этой болезни. Составил карту содержания фтора в подземных водах Украины, обосновал потребности во фторировании питьевой воды и профилактические мероприятия по предупреждению эндемического флюороза и кариеса зубов.

Под руководством Р.Д. Габовича сотрудники кафедры, ее аспиранты и студенты выполнили научные исследования по нескольким актуальным проблемам, а именно: "Гигиенические вопросы озонирования питьевой и сточной воды", "Гигиенические проблемы микроэлементов и фторирования питьевой воды" и др.

Р.Д. Габович написал ряд монографий, получивших высокую оценку отечественных и зарубежных специалистов, в частности "Фтор и его гигиеническое значение" (1957), "Фторирование и обесфторивание питьевой воды" (1968), "Фтор в стоматологии и гигиене" (1969, переиздана в США в 1977 г.), "Гигиенические проблемы фторирования питьевой воды" (1978) и др.

Наряду с этим сотрудники кафедры провели многочисленные исследования по гигиене больниц. Их результаты вызвали научный резонанс среди гигиенистов. Р.Д. Габович организовал и в 1966 г. провел Первую всесоюзную конференцию по гигиене больниц, на которой были выработаны общие направления и методические подходы к дальнейшему изучению данного вопроса. Под руководством ученого над проблемой "Гигиенические основы градостроения" плодотворно работали доцент М.В. Крыжановская и ассистент Т.К. Игнатъева.

К проведению практических занятий по коммунальной гигиене привлекались опытные санитарные врачи Киевской городской СЭС В.Х. Явдошук, Е.В. Кацен, Днепровского речного водопровода В.А. Дунаевский и ведомственной лаборатории Киевского управления водопроводно-канализационно-

го хозяйства С.И. Добрушина, Д.Г. Андрусенко, инспектора отдела коммунальной гигиены Главного санэпидуправления МЗ УССР С.П. Кортылев, В.П. Дорошенко, В.М. Кучерявая.

Коллектив преподавателей кафедры работал над созданием учебных пособий. Укреплялась материальная база кафедры. Благодаря усилиям Р.Д. Габовича (в 1967 г. он был деканом санитарно-гигиенического факультета), в 1967—1968 гг. все гигиенические кафедры начали работать в новом пятиэтажном санитарно-гигиеническом корпусе. Для учебного процесса и научных исследований кафедрам коммунальной гигиены и гигиены труда был выделен этаж. Кафедра коммунальной гигиены разместилась на пятом этаже учебного корпуса общей площадью 329 м². Там было оборудовано 6 учебных и 5 научных лабораторий. Это способствовало улучшению организации работы. В научно-исследовательских лабораториях кафедры были созданы действующие экспериментальные модели озонаторного устройства, модели местных очистных сооружений с подземной фильтрацией сточных вод. Значительно расширилась область научных интересов кафедры и повысился научный уровень преподавания. Знания и опыт Р.Д. Габович передавал студентам и ученикам. Эрудированный педагог, признанный специалист, он внес большой вклад в совершенствование преподавания гигиенических дисциплин и подготовку санитарных врачей. Ему принадлежит ряд работ по методике преподавания, учебники и учебные пособия для высших и средних учебных заведений, которые высоко оценены гигиенической общественностью и студенчеством. Среди них — "Руководство к практическим занятиям по коммунальной гигиене" (1966). Учебник "Гигиена" (1964, 1967, 1983) стал основным источником гигиенических знаний многих поколений студентов, которые в нем, наряду с фундаментальностью, ценили доступность изложения материала.

В сотрудничестве с профессором И.И. Даценко Рафаил Давыдович (уже находясь на заслуженном отдыхе) написал учебники для студентов высших медицинских учебных заведений "Основы общей и тропической гигиены" (1995), "Профилактическая медицина. Общая гигиена с основами экологии" (1999), в которых отражены основные разделы профилактической медицины и учета специфика профилактической деятельности будущих врачей.

В 1968 кафедру коммунальной гигиены (ныне — коммунальной гигиены и экологии человека) возглавил ученик профессора Р.Д. Габовича академик АМН СССР (с 1991 г. АМН России), НАН АМН и АПН Украины, заслуженный деятель науки и техники Украины, дважды лауреат Государственной премии Украины, доктор медицинских наук, профессор Евгений Игнатьевич Гончарук (1930—2004).



Е.И. Гончарук
(1930—2004)

Е.И. Гончарук родился 7 января 1930 г. в Большом Острожке Хмельницкого района Винницой области в многодетной крестьянской семье. Среднюю школу Евгений Игнатьевич окончил в 1948 г. в городе Бердичеве на Житомирщине. Получив аттестат зрелости, он в том же году поступил на первый курс санитарно-гигиенического факультета Киевского медицинского института, который окончил с отличием и с рекомендацией ученого совета заниматься научной работой (1954). В этом же году поступил в аспирантуру на кафедру общей гигиены Киевского медицинского института, где под руководством заведующего кафедрой, доктора медицинских наук профессора П.И. Баранника подготовил кандидатскую диссертацию на тему "К вопросу гигиенической оценки очистки бытовых сточных вод на площадках подземного орошения (фильтрации)". После окончания аспирантуры в 1957 г. Министерством здравоохранения Украины был направлен на работу в Тернопольский медицинский институт, где организовал кафедру гигиены и на протяжении года был ее заведующим. В дальнейшем, с 1958 по 1961 г. Е.И. Гончарук работал ассистентом этой же кафедры.

В 1961 году на заседании специализированного ученого совета в Винницком медицинском институте им. Н.И. Пирогова Е.И. Гончарук успешно защитил кандидатскую диссертацию. Сразу после защиты диссертации присутствовавший на защите заведующий кафедрой коммунальной гигиены Киевского медицинского института профессор Р.Д. Габович как член специализированного совета пригласил молодого талантливого ученого к себе на кафедру.

Вся дальнейшая деятельность Е.И. Гончарука связана с Киевским медицинским институтом. С 1961 по 1964 г. он ассистент кафедры коммунальной гигиены, с 1964 по 1968 г. — доцент этой же кафедры. В 1968 г. Е.И. Гончарук защитил докторскую диссертацию на тему "Гигиеническое изучение систем местной канализации с обоснованием санитарных норм их проектирования и эксплуатации". В этом же году его избирают заведующим кафедрой коммунальной гигиены Киевского медицинского института и назначают деканом санитарно-гигиенического факультета. В этой должности он проработал в течение 11 лет до 1979 года.

В 1984 году Е.И. Гончарука избрали членом-корреспондентом АМН СССР и в этом же году назначили ректором Киевского медицинского института имени А.А. Богомольца, которым он руководил безупречно около 20 лет (до июля 2003 года). С 16 июля 2003 г. академик Е.И. Гончарук был назначен почетным ректором и заведующим кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца. Именно благодаря его инициативе и активному участию Киевский медицинский институт в 1992 году был реорганизован в Украинский государственный медицинский университет, который с 1995 г. вторым в Украине после университета им. Т.Г. Шевченко стал Национальным медицинским университетом имени А.А. Богомольца.

Работая в высшей медицинской школе почти 50 лет, Е.И. Гончарук опубликовал свыше 500 научных работ, в том числе 45 монографий и учебников,

15 изобретений, более 200 гигиенических нормативов и методических документов.

Накопленный опыт подготовки врачей-профилактиков позволил Е.И. Гончару создать первое в бывшем СССР "Руководство к практическим занятиям по коммунальной гигиене", которое выдержало три издания (М., Медицина, 1977, 1982, 1990). Он автор и редактор учебников "Предупредительный санитарный надзор в гражданском строительстве" (1973); Основы предупредительного санитарного надзора (1975); Коммунальная гигиена, М. "Медицина" (1986). По его инициативе и под его редакцией издано учебное пособие "Изучение влияния факторов окружающей среды на здоровье населения" (1989).

В 1995 году в издательстве "Вища школа" под редакцией Е.И. Гончарука вышел учебник "Загальна гігієна (пропедевтика гігієни)" для студентов высших медицинских учебных заведений. В учебнике им впервые в истории профилактической медицины сформулированы законы гигиены, определяющие все разнообразие проявлений взаимодействия организма человека с окружающей средой. На современном уровне обоснована общеприкладная и предметная методология гигиенической науки, определены специфические методы ее исследований. С учетом новейших достижений фундаментальных и прикладных научных дисциплин изложено учение об окружающей, внешней и внутренней среде. Даны характеристики отдельных факторов окружающей среды. Раскрыт механизм их влияния, изложены принципы гигиенической регламентации вредных факторов в различных объектах окружающей среды. Определен специфический объект изучения современной гигиены, которым является практически здоровый человек (индивидуальное здоровье), коллективы практически здоровых людей (коллективное здоровье), население страны в целом (популяционное здоровье). Этот учебник является первым по гигиене, выпущенным в Украине на государственном языке. За издание учебника "Загальна гігієна (пропедевтика гігієни)" Е.И. Гончарук удостоен звания Лауреата Государственной премии Украины по науке и технике за 1997 год. В 2000 году учебник "Общая гигиена: пропедевтика гигиены" переиздан на русском языке; издательством "Здоров'я" выпущен учебник "Комунальна гігієна" (2003) и другие. Среди монографий следует выделить: "Сооружения подземной фильтрации бытовых сточных вод (*Гигиеническое обоснование и санитарные требования*)" (1967); "Очистка и обеззараживание сточных вод лечебных учреждений" (1973); "Малогабаритные очистные сооружения канализации" (1974); "Очистка питьевых и сточных вод от ядохимикатов" (1975); "Гигиенические основы почвенной очистки сточных вод" (1976); "Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами" (1977); "Гигиеническое нормирование химических веществ в почве" (1986) и др.

Академик Е.И. Гончарук принимал непосредственное участие в разработке концепции реформы высшего, в частности высшего медицинского образования в Украине и практическом внедрении основных его положений в жизнь. Оно нашло отражение в созданных и утвержденных Министерством здравоохранения и Министерством высшего образования и науки Украины учебных

планах и программах, образовательно-профессиональных стандартах, по которым осуществляется подготовка врачей основных специальностей.

Е.И. Гончарук единственный, кто из украинских ученых был членом 3 государственных академий: Национальной академии наук Украины, Академии медицинских наук Украины, Академии педагогических наук Украины. Кроме того, он признан многими академиями мира: был избран членом АМН СССР; Российской АМН; Международной академии наук высшей школы; Академии естественных наук общероссийского объединения ученых; Польской академии медицины; Всемирной академии медицины Альберта Швейцера.

Академик Е.И. Гончарук внес огромный вклад в охрану здоровья населения и гигиену окружающей среды путем решения двух научных проблем: а) предупреждения возникновения эпидемий кишечных инфекций вирусного и бактериального происхождения и инвазий; б) профилактики острых и хронических отравлений среди населения, обусловленных экзогенными химическими веществами (пестицидами, тяжелыми металлами, минеральными удобрениями и др.).

При решении первой проблемы им научно обоснованы профилактические мероприятия, направленные на разрыв механизма передачи как на главную движущую силу в возникновении эпидемий кишечных инфекций и инвазий, и тем самым на снижение распространения этих заболеваний среди населения. Академиком Е.И. Гончаруком впервые в отечественной и мировой науке было установлено, что на сооружениях подземной фильтрации процессы самоочищения почвы происходят не только в ее поверхностных слоях (не глубже 0,25 м от поверхности Земли), как это следовало из учения В.Р. Вильямса и С.М. Строганова, но и в глубоких слоях (до 3 м от поверхности почвы).

В сущности, изыскания Е.И. Гончарука представляли собой санитарно-гигиенический прорыв глобального значения. Им сделано открытие, принципиально дополнившее теорию процессов самоочищения в почве, доказавшее всему миру, что большая группа очистных сооружений с подземной фильтрацией бытовых сточных вод, несправедливо названные академиком З.Г. Френкелем, профессором Д.Б. Пигутой, М.М. Афанасьевым "гнойниками почвы", могут эффективно применяться для канализования сел и отдельно расположенных объектов (инфекционных больниц, школ-интернатов, предприятий общественного питания, домов отдыха и пр.) не только в южных, но и в северных районах страны, где промерзание почвы достигает 2—3 м от поверхности земли.

На основании изучения дальности миграции химических и биологических загрязнений в почве по вертикали и горизонтали им научно обоснованы минимальный фильтрующий слой (1 м), обеспечивающий эффективную очистку сточных вод и предупреждение загрязнения грунтовых вод. Кроме того, научно обоснована минимальная глубина заложения подземной оросительной сети (0,5—0,6 м), которая обеспечивает эффективную очистку сточных вод и охрану поверхности почвы над сооружениями подземной фильтрации от химического и биологического загрязнения.

Научно обоснованы время выживания патогенных и санитарно-показательных микроорганизмов до 200 сут и минерализации органических веществ

до 400 сут в подземных водах и дальности их распространения. Установление этих терминов позволило определять размеры санитарно-защитных зон между местами водозабора из подземных источников водоснабжения и очистными сооружениями с подземной фильтрацией сточных вод, а также обосновывать минимальные санитарно-защитные разрывы между жилыми и общественными зданиями и сооружениями подземной фильтрации сточных вод.

Определены оптимальное время (3 сут) пребывания сточных вод в септике, органические и гидравлические нагрузки на сооружения подземной фильтрации, гарантирующие высокую эффективность очистки сточных вод от химических и биологических загрязнений. Установлен период полного самоочищения почвы над сооружениями подземной фильтрации после прекращения их функционирования (не менее 1 года), что учитывается при отведении земельных участков под строительство.

Гигиенические исследования процессов биологической очистки сточных вод на сооружениях малой канализации на кафедре продолжают проводить ученики Е.И. Гончарука. Эти исследования позволили научно обосновать условия высокоэффективного применения с целью санитарной охраны почвы поверхностных и подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения от загрязнения сточными водами, новых типов очистных канализационных сооружений: циркуляционно-окислительных каналов на полную биологическую очистку; комбинированных высокоэффективных аэроокислителей радиального типа с механическими роторными аэраторами; биологических фильтров с блочной загрузкой пеностеклом; компактных канализационных установок заводского изготовления на полную биологическую очистку и обеззараживание сточных вод с пневматическими, роторными и импеллерными аэраторами; аэротенков колонного типа, автоматической биохимической станции "Симбионтенк", безреагентной гидрокавитационной технологии обеззараживания сточных вод; биологических прудов с высшими водяными растениями для доочистки и безреагентного обеззараживания сточных вод и др.

Упомянутыми экспериментальными исследованиями, выполненными в лабораторных и полевых условиях, научно обоснованы оптимальные параметры работы очистных сооружений, обеспечивающие высокий эффект биологической очистки сточных вод в режиме "полного окисления". Эти параметры позволяют достичь наиболее полной деструкции органических веществ, высокой степени освобождения сточных вод от энтеровирусов, патогенных эшерихий, шигелл, сальмонелл, яиц геогельминтов. Ими оказались продолжительность аэрации, органические и гидравлические нагрузки на активный ил, продолжительность биологического созревания активного ила, доза активного ила в зоне аэрации малогабаритных канализационных сооружений и их прототипов и др.

Е.И. Гончаруком и его учениками предложены и научно обоснованы сотни гигиенических нормативов, правил, рекомендаций по охране здоровья населения, утвержденных Госстроем СССР, Министерствами здравоохранения СССР и Украины. Разработаны и внедрены свыше 100 принципиальных схем очистки сточных вод с местными сооружениями малой канализации и с применением

новых типов очистных сооружений малой канализации. Созданы новые сооружения по очистке, доочистке сточных вод и обезвреживанию их ила. Среди них — фильтрационно-обогащительные колодцы, фильтрационно-обогащительные траншеи, фильтрационно-обогащительные пруды, подземные иловые траншеи, септик-дегельминтизатор для обезвреживания сточных вод от лечебных учреждений и другие.

Предложенные методы и сооружения подземной фильтрации, разработанные на основании многочисленных полевых и лабораторных исследований, натурных экспериментов, обеспечивали эффективное обеззараживание сточных вод от возбудителей кишечных инфекций (бактерий, вирусов), геогельминтов. Новый подход впервые позволял надежно охранять почву, подземные и поверхностные источники водоснабжения от бактериальных и энтеровирусных, протозойных, гельминтозных загрязнителей.

Внедрение простых в устройстве и надежных в эксплуатации очистных сооружений, обеспечивающих освобождение сточных вод от возбудителей кишечных инфекций инвазий, позволило в 12—13 раз снизить уровень указанных заболеваний среди сельского населения.

Решая вторую проблему, которая логически продолжала первую, Е.И. Гончарук впервые в гигиенической науке создал теорию, методологию и принципиальную схему гигиенического нормирования экзогенных химических веществ (ЭХВ) в почве. Основные концептуальные положения теории и методики нормирования ЭХВ в почве он впервые провозгласил в 1972 г. на XVI Всесоюзном съезде гигиенистов и санитарных врачей. В последующем эти положения нашли отражение в созданных им и его учениками "Методических рекомендациях по установлению ПДК химических веществ в почве" (1976), "Методических рекомендациях по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве" (1982). Они изложены в монографии "Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами" (1977), руководстве "Гигиеническое нормирование химических веществ в почве" (1986), в многочисленных статьях, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях.

Принципиальная схема нормирования ЭХВ в почве включает всестороннее изучение в лабораторном эксперименте закономерностей процессов миграции и детоксикации химических веществ в почве, установление их предельных концентраций по шести показателям вредности (органолептическому, миграционно-водному, миграционно-воздушному, фитоаккумуляционному или транслокационному, общесанитарному и токсикологическому), а также изучению в натурном эксперименте влияния загрязнения почвы на здоровье населения. Для стандартизации условий проведения экспериментальных исследований академик Е.И. Гончарук и его ученики разработали оригинальные лабораторные модели: фитоклиматические камеры для изучения процессов миграции ЭХВ из почвы в растения, а также стабильности ЭХВ в разных почвенно-климатических условиях. Были созданы также воздушно-миграционные камеры и фильтрационные колонны для установления закономерностей поступления химических веществ из почвы в атмосферный воздух и подземные воды и устройства, моделирующие поверхностный сток в поверхностные водоемы. Кроме того,

предложен единый модельный почвенный эталон (МПЭ), имеющий постоянный гранулометрический и физико-химический состав, максимальную фильтрующую, минимальную сорбционную и поглотительную способность. Научно обоснованы фитотестрастения, максимально накапливающие ЭХВ, обеспечивая тем самым в естественных климато-ландшафтных условиях коэффициент запаса ПДК в 10—20 раз для естественных почв. Предложена оригинальная модельная система "мать—плод—новорожденный" для экспериментального изучения токсичности пестицидов, тяжелых металлов и их солей в условиях изолированного и комбинированного действия.

В результате глубоких фундаментальных исследований Е.И. Гончарук и его ученики изучили процессы сорбции пестицидов и других химических веществ на капельках водного тумана. Это дало возможность раскрыть механизм возникновения острых, в том числе со смертельным исходом, отравлений людей на сельскохозяйственных полях, обработанных пестицидами, и разработать методические рекомендации по прогнозированию критической зоны метеорологических параметров для организации соответствующих профилактических мероприятий. Именно эти исследования позволили академику Е.И. Гончаруку и другим ученым разработать и установить ПДК в почве серии пестицидов, таких тяжелых металлов, как свинец, ртуть, кобальт, цинк, никель, медь, ванадий и их солей (см. "Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве" № 1496-76, № 1968-79, № 2264-80, № 2546-82). За разработку темы: "Тяжелые металлы как опасные для человека загрязнители окружающей среды Украины: медико-экологические исследования, обоснование и опыт внедрения профилактических мероприятий" Е.И. Гончарук совместно с Ю.И. Кундиевым, И.М. Трахтенбергом, Э.А. Деркачевым, другими видными учеными-гигиенистами Украины удостоен звания Лауреата Государственной премии Украины по науке и технике за 2002 год.

В экспериментальных исследованиях академиком Е.И. Гончаруком установлено, что в патогенезе нарушений, выявленных при сочетанном действии солей тяжелых металлов (свинца, кадмия и пр.) и радионуклидов, существенное значение имеют активация перекисного окисления липидов, истощение антиоксидантных систем организма, развитие тканевой и циркуляторной гипоксии, которые подчиняются хроноконцентрационной зависимости. Действуя на одни и те же биологические системы (перекисное окисление липидов и антиоксидантные системы), соли свинца и кадмия, а также ионизирующее излучение, пестициды, нитраты взаимно усиливают действие друг друга.

Показатели состояния антиоксидантной системы (активности пероксидазы и каталазы в крови, церулоплазмينا в сыворотке крови и перекисного окисления липидов, уровень активных продуктов тиобарбитуровой кислоты в биосубстратах и спонтанная хемилюминесценция сыворотки крови) оказались наиболее чувствительными, информативными, зависимыми от уровней и продолжительности действия. Это позволяет применять их в качестве критериев раннего выявления и адекватной оценки неблагоприятного воздействия приведенных факторов.

Академик Е.И. Гончарук создал научную школу. Среди его учеников 32 доктора и 37 кандидатов наук, которые работают не только в Украине, но и в странах СНГ и дальнего зарубежья.

С 21 апреля 2004 г. обязанности заведующего кафедрой возложены на ученика Е.И. Гончарука, доктора медицинских наук Сергея Ивановича Гаркавого.

Для современного этапа развития коммунальной гигиены характерно возрастание ее роли в общей системе мероприятий в отношении сохранения и укрепления здоровья населения. Основной задачей дальнейших научных поисков и практической санитарной деятельности является глубокое и всестороннее изучение характера и закономерностей комплексного влияния факторов окружающей среды и образа жизни на здоровье человека в условиях научно-технического прогресса. Крайне важным является осуществление государственного санитарного надзора (предупредительного и текущего) за проведением санитарно-противоэпидемических мероприятий и соблюдением министерствами и ведомствами, предприятиями различных форм собственности, учреждениями, организациями, должностными лицами и отдельными гражданами санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических правил и норм в соответствии с законом Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемиологического благополучия населения" (1993).

Охрана здоровья людей — одна из важнейших задач. Конституция Украины провозглашает: "Граждане Украины имеют право на охрану здоровья". Проведение санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических мероприятий, которые обеспечивают оздоровление окружающей среды, является обязанностью всех государственных учреждений, предприятий различных форм собственности, профсоюзных и других общественных организаций. Задачи коммунальной гигиены, как науки, так и практики — интенсифицировать научные разработки, обобщать опыт, оперативно и эффективно решать вопросы, связанные с охраной здоровья населения.

РАЗДЕЛ
I

**ГИГИЕНА ВОДЫ
И ВОДОСНАБЖЕНИЯ
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ**

Центральным вопросом этого раздела коммунальной гигиены является врачебное научно обоснованное заключение о степени опасности или безопасности воды для здоровья людей, проживающих в населенных пунктах, на основании гигиенических нормативов качества воды с учетом отдаленных последствий ее длительного использования.

Гигиенические требования к показателям качества воды зависят от назначения воды, т. е. от того, с какой целью ее будут использовать. Поэтому с практической точки зрения различают 7 типов воды:

I тип — водопроводная вода, подаваемая населению централизованным хозяйственно-питьевым водопроводом для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд;

II тип — вода из шахтных колодцев и каптажей, которую население использует так же, как и воду I типа, но в условиях децентрализованного местного водоснабжения;

III тип — вода подземных (межпластовых напорных (артезианских) или ненапорных) и поверхностных (рек, пресных озер, водохранилищ) источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения;

IV тип — горячая вода, подаваемая централизованным водопроводом;

V тип — минеральная вода, используемая для лечения больных;

VI тип — техническая вода, подаваемая техническим водопроводом на промышленных предприятиях;

VII тип — вода специального назначения, применяемая в фармацевтической промышленности для приготовления лекарств, на предприятиях микробиологического синтеза в текстильном производстве и т. п.

Каждый тип воды должен отвечать определенным гигиеническим требованиям:

1. Иметь хорошие органолептические свойства, характеризующие запах, вкус воды, ее мутность, прозрачность, цветность, окраску, температуру, наличие плавающих видимых примесей. Гигиеническое обоснование этих показателей приведено на с. 68—76. Ухудшение органолептических свойств воды создает у людей психологическое подозрение опасности такой воды для здоровья.

2. Быть безвредной по химическому составу. Вода не должна содержать опасных количеств вредных для здоровья химических веществ как природного происхождения, так и тех, которые поступают со сточными водами промышленных предприятий, поверхностным стоком сельскохозяйственных полей или добавляются на водопроводных станциях в качестве реагентов во время водоподготовки. Научное обоснование ПДК таких веществ в воде приведено на с. 86—93. Сегодня обоснованы и утверждены Министерством здравоохранения более 1,5 тыс. ПДК химических веществ в воде.

3. Не содержать патогенных микроорганизмов и других возбудителей заболеваний, а также вирусов, яиц гельминтов, цист простейших, являющихся возбудителями инфекционных заболеваний и инвазий. Научное обоснование микробиологических показателей качества воды приведено на с. 93—99.

Гигиенические требования к качеству питьевой воды определяются ее физиологической ролью в организме человека, гигиеническим и эпидемическим значением, а также ролью, которую она играет в быту, промышленности и сельском хозяйстве.

Под врачебным заключением о безопасности или опасности воды подразумевают официальный документ, заверенный подписью врача, удостоверяющий юридическую ответственность за органолептическую, химическую и эпидемическую безопасность воды. Такая задача возложена на врача, имеющего сертификат специалиста по медико-профилактическому делу (санитарного врача, врача-гигиениста).

Вторым по важности вопросом данного раздела является вопрос о количестве подаваемой в населенный пункт воды. Только достаточное количество доброкачественной питьевой воды предупреждает возникновение заболеваний и гарантирует сохранение здоровья населения. Гигиеническое обоснование норм водопотребления приведено на с. 107—ПО.

В данном разделе рассмотрены и другие вопросы, требующие решения при организации эффективного водоснабжения населенного пункта, а именно методика выбора источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, характеристика современных методов водоподготовки, основные схемы водопроводов из подземных и поверхностных водоисточников, организация местного (децентрализованного) водоснабжения, санитарный надзор за водоснабжением населенных пунктов.

Гигиеническое значение воды

Гигиеническое значение воды определяется прежде всего физиологической потребностью в ней человека.

Вода, как воздух и пища, является тем элементом внешней среды, без которого невозможна жизнь. Человек без воды может прожить всего 5—6 сут. Это объясняется тем, что тело человека в среднем на 65% состоит из воды.

К тому же, чем моложе человек, тем выше относительная плотность воды в его организме: 6-недельный эмбрион человека на 95% состоит из воды, а у ново-

рожденных ее количество составляет 75% массы тела. К 50 годам вода составляет 60%. Основная часть воды (70%) сосредоточена внутри клетки, а 30% — это внеклеточная вода, в составе крови и лимфы (7%) и межтканевой (интерстициальной) жидкости (23%). Содержание воды в разных тканях организма не одинаково: в костной ткани оно составляет 20% массы, в мышечной — 75%, в соединительной — 80%, в плазме крови — 92%, стекловидном теле — 99%.

В организме лишь незначительная часть воды находится в свободном состоянии. Пластическая функция воды обусловлена тем, что большее ее количество является компонентом макромолекулярных комплексов белков, углеводов и жиров и образует с ними желеподобные клеточные и внеклеточные структуры. В них каждая коллоидная частица благодаря определенным размерам и заряду притягивает к себе молекулы воды, обуславливая структурирование воды, подобное кристаллической решетке и напоминающее лед. Именно поэтому многие клетки переносят замораживание без повреждений.

Физиологическое значение воды. Вода играет в организме человека важную роль. Без воды не происходит ни один биохимический, физиологический и физико-химический процесс обмена веществ и энергии, невозможны пищеварение, дыхание, анаболизм (ассимиляция) и катаболизм (диссимиляция), синтез белков, жиров, углеводов из чужеродных белков, жиров, углеводов пищевых продуктов. Такая роль воды обусловлена тем, что она является универсальным растворителем, в котором газообразные, жидкие и твердые неорганические вещества создают молекулярные или ионные растворы, а органические вещества находятся преимущественно в молекулярном и коллоидном состоянии. Именно поэтому она принимает непосредственное или косвенное участие практически во всех жизненно важных процессах: всасывании, транспорте, расщеплении, окислении, гидролизе, синтезе, осмосе, диффузии, резорбции, фильтрации, выведении и др.

С помощью воды в клетки организма поступают пластические вещества, биологически активные соединения, энергетические материалы, выводятся продукты обмена. Вода способствует сохранению коллоидального состояния живой плазмы. Вода и растворенные в ней минеральные соли поддерживают важнейшую биологическую константу организма — осмотическое давление крови и тканей. В водной среде создаются необходимые уровни щелочности, кислотности, гидроксильных и водородных ионов. Вода обеспечивает кислотно-основное состояние в организме, а это влияет на скорость и направление биохимических реакций. Принимает участие в процессах гидролиза жиров, углеводов, гидролитического и окислительного дезаминирования аминокислот и в других реакциях. Вода — основной аккумулятор тепла, которое образуется в организме в процессе экзотермических биохимических реакций обмена веществ.

Кроме того, испаряясь с поверхности кожи и слизистых оболочек органов дыхания, вода принимает участие в процессах теплоотдачи, т. е. в поддержании температурного гомеостаза. Во время испарения 1 г влаги организм теряет 2,43 кДж (0,6 ккал) тепла.

Потребность организма в воде удовлетворяется за счет питьевой воды, напитков и продуктов питания, особенно растительного происхождения. Физиологическая суточная потребность взрослого человека в воде (при отсутствии

физических нагрузок) в регионах с умеренным климатом ориентировочно составляет 1,5—3 л, или 90 л/мес, почти 1000 л/год и 60 000—70 000 л за 60—70 лет жизни. Это так называемая экзогенная вода.

Определенное количество воды образуется в организме вследствие обмена веществ. Например, при полном окислении 100 г жиров, 100 г углеводов и 100 г белков вырабатывается соответственно 107, 55,5 и 41 г воды. Это так называемая эндогенная вода, ежедневно образующаяся в количестве 0,3 л.

Физиологическая норма потребления воды может колебаться в зависимости от интенсивности обмена веществ, характера пищи, содержания в ней солей, мышечной работы, метеорологических и других условий. Доказано, что на 1 ккал энергозатрат организму необходимо 1 мл воды. То есть для человека, суточные энергозатраты которого составляют 3000 ккал, физиологическая потребность в воде равна 3 л. С увеличением энергозатрат во время физических нагрузок повышается и потребность человека в воде. Особенно если тяжелый физический труд выполняют в условиях повышенной температуры, например в мартеновских цехах, на доменном производстве, на поле в жару. Тогда потребность в питьевой воде может возрасти до 8—10 и даже 12 л/сут. Кроме того, потребность в воде изменяется при определенных патологических состояниях. Например, она возрастает при сахарном и несахарном диабете, гиперпаратиреозе и т. п. В таком случае количество воды, употребляемое человеком в течение месяца, составляет 30 л, в течение года — 3600 л, за 60—70 лет — 216 000 л.

Поддержание водного баланса в организме человека предусматривает не только поступление и распределение воды, но и ее выведение. В состоянии покоя вода выводится через почки — с мочой (почти 1,5 л/сут), легкие — в парообразном состоянии (приблизительно 0,4 л), кишечник — с фекалиями (до 0,2 л). Потери воды с поверхности кожи, которые в значительной мере связаны с терморегуляцией, изменяются, но в среднем составляют 0,6 л. Таким образом, из организма человека в состоянии покоя ежесуточно в среднем выводится 2,7 л воды (с колебаниями от 2,5 до 3,0 л). При некоторых патологических состояниях и физической нагрузке выделение воды усиливается и соотношение путей выведения, приведенное выше, изменяется. Например, при сахарном диабете усиливается выделение воды через почки — с мочой, при холере — через пищеварительный тракт, во время работы в горячих цехах — через кожу — с потом.

Человек остро реагирует на ограничение или полное прекращение поступления воды в организм. Обезвоживание — чрезвычайно опасное состояние, при котором нарушается большинство физиологических функций организма. Большие потери воды сопровождаются выделением значительного количества макро- и микроэлементов, водорастворимых витаминов, что усугубляет негативные последствия обезвоживания для здоровья и жизни человека.

В случае обезвоживания организма усиливаются процессы распада тканевых белков, жиров и углеводов, изменяются физико-химические константы крови и водно-электролитного обмена. В центральной нервной системе развиваются процессы торможения, нарушается деятельность эндокринной и сер-

дечно-сосудистой систем, ухудшается самочувствие, снижается трудоспособность и т. п. Четкие клинические признаки обезвоживания появляются, если потери воды составляют 5—6% массы тела. При этом учащается дыхание, наблюдаются покраснение кожи, сухость слизистых оболочек, снижение артериального давления, тахикардия, мышечная слабость, нарушение координации движения, парестезии, головная боль, головокружение. Потери воды, равные 10% массы тела, сопровождаются значительным нарушением функций организма: повышается температура тела, заостряются черты лица, ухудшаются зрение и слух, кровообращение, возможен тромбоз сосудов, развивается анурия, нарушается психическое состояние, возникает головокружение, коллапс. Потеря воды на уровне 15—20% массы тела смертельна для человека при температуре воздуха 30 °С, на уровне 25% — при температуре 20—25 °С.

Изложенное выше убедительно свидетельствует о том, что вода является одним из самых ценных даров природы. И нельзя не вспомнить выражение восхищения водой французского писателя Антуана де Сент-Экзюпери. Самолет героя его повести "Планета людей" потерпел катастрофу во время полета над пустыней, а сам летчик пережил предсмертную агонию от обезвоживания и, увидев живительную влагу, почувствовал невероятную радость: "Вода! В тебе нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя невозможно описать. Тобою наслаждаешься, не зная, что это такое. Нельзя сказать, что ты нужна для жизни, ты — сама жизнь. Ты наполняешь нас радостью, которую не объяснить нашими чувствами. С тобой возвращаются к нам силы, с которыми мы уже распрощались. ... ты самое большое богатство на свете".

В то же время в случае употребления некачественной воды создается реальная опасность развития инфекционных и неинфекционных заболеваний. Статистика ВОЗ свидетельствует, что почти 3 млрд населения планеты пользуются недоброкачественной питьевой водой. Из более чем 2 тыс. болезней техногенного происхождения 80% возникают вследствие употребления питьевой воды неудовлетворительного качества. По этой причине ежегодно 25% населения мира рискуют заболеть, приблизительно каждый десятый житель планеты болеет, почти 4 млн детей и 18 млн взрослых умирают. Считается, что из 100 случаев онкологических заболеваний от 20 до 35 (особенно толстой кишки и мочевого пузыря) обусловлены употреблением хлорированной питьевой воды. Именно поэтому чрезвычайно важны гигиеническая роль воды и ее значение для профилактики инфекционных и неинфекционных заболеваний.

Состав природной воды. Вода является одним из загадочных явлений природы, без нее невозможна наша жизнь. И хотя люди издавна селились возле источников, использовали воду для удовлетворения питьевых нужд, в быту, в промышленности и сельском хозяйстве, знали о ее величайшей ценности, все-таки и поныне нет еще окончательного ответа на вопрос: "Что же это за феномен — вода?".

Из курса химии известно, что вода является простым соединением, которое состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Обозначается формулой H_2O и имеет молекулярную массу 18. Результаты исследований, проведенных в последнее время, свидетельствуют, что вода имеет более слож-

ное строение, молекулы воды могут быть и тяжелыми, если в их состав входят изотопы водорода с атомной массой 2 и 3 (дейтерий и тритий) и кислорода с атомной массой 17 и 18. И хотя в природной воде количество более тяжелых атомов (нуклидов) по сравнению с обычными очень незначительно и относительная плотность воды, состоящей из изотопов, невелика, этим обеспечивается ее чрезвычайное разнообразие: ныне известно 42 разновидности. Кроме того, вода имеет сложное кристаллическое строение, то есть является структурированной. Каждая молекула воды в целом электрически нейтральна, но в ней существует перераспределение зарядов: та сторона, где размещен атом кислорода, более отрицательна, а та, где атомы водорода, — более положительна. Возникает так называемый дипольный момент. Две соседние молекулы притягиваются друг к другу за счет электростатических сил; между ними возникает водородная связь. При комнатной температуре каждая молекула воды образует временные связи с 3—4 соседними молекулами. Формируется своеобразная кристаллическая решетка, в которой старые водородные связи постоянно разрушаются и одновременно возникают новые.

С физико-химической точки зрения природная вода представляет собой сложную дисперсную систему, в которой в качестве дисперсной среды выступает вода, а в качестве дисперсной фазы — газы, минеральные и органические вещества, живые организмы. Химические соединения в воде ведут себя по-разному. Некоторые почти не растворяются, образуя взвешенные вещества, суспензии и эмульсии. Другие растворяются, но в различной степени. Среди минеральных солей наиболее растворимы хлориды, сульфаты и нитраты щелочных и щелочноземельных металлов. Неорганические вещества (соли, кислоты, основания) способны в воде диссоциировать на катионы металлов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) или водорода (H^+) и анионы кислотных остатков (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}), или гидроксильные анионы OH^- , образуя ионные растворы. Простые органические соединения (мочевина, глюкоза и другие сахара), растворяясь в воде, находятся в виде молекулярных растворов. Сложные органические вещества (белки, углеводы, жиры) образуют коллоиды. В воде растворены некоторые газообразные вещества: кислород (O_2), углерода диоксид (CO_2), сероводород (H_2S), водород (H_2), азот (N_2), метан (CH_4) и др.

Кроме макроэлементов (натрия, калия, кальция, магния, азота, серы, фосфора, хлора и т. п.) в воде обнаружено 65 микроэлементов¹ (железо, медь, цинк, марганец, кобальт, селен, молибден, фтор, йод и т. п.). Они содержатся

Микроэлементы — это химические элементы, которые содержатся в тканях человека, животных и растений в концентрациях 1:100 000 (или 0,001%, или 1 мг на 100 г массы) и менее. Среди микроэлементов различают эссенциальные, т. е. жизненно необходимые (железо, йод, медь, цинк, кобальт, селен, молибден, фтор, марганец, хром и т. п.), условно эссенциальные (мышьяк, бор, бром, литий, никель, кремний, ванадий и т. п.) и токсические (алюминий, кадмий, свинец, ртуть, бериллий, барий, висмут, таллий и т. п.). Эссенциальные микроэлементы (биомикроэлементы) входят в состав биологически активных соединений: ферментов, гормонов, витаминов, которые играют важную роль в процессах дыхания, обмена веществ, нейрогуморальной регуляции, иммунологической защиты, окислительно-восстановительного гомеостаза, кроветворения, размножения и т. п.).

также в тканях животных и растений в концентрациях, равных тысячным долям процента и меньше. Гигиеническое значение микроэлементов определяется биологической ролью многих из них, поскольку они не только принимают участие в минеральном обмене, но и заметно влияют на общий обмен как катализаторы биохимических процессов. Доказано биологическое значение для животных и растений около 20 микроэлементов. В физиологии человека исследована роль 14 из них.

Химические вещества в воде водоемов могут быть разного происхождения: как природного, связанного с условиями формирования водоемов, так и техногенного, обусловленного поступлением со сточными водами промышленных предприятий и стоками с сельскохозяйственных полей.

Кроме того, в воде содержатся микроорганизмы — бактерии, вирусы, грибы, простейшие, гельминты. С экологической точки зрения различают ауто- и аллохтонную микрофлору водоемов. Аутохтонная, или водная, группа состоит из микроорганизмов, живущих и размножающихся в воде. Водоемы для них являются естественной средой обитания. Состав аутохтонной микрофлоры незагрязненных водоемов относительно стабилен и характерен для каждого отдельного водоема и играет положительную роль в круговороте веществ в природе, в процессах самоочищения водоемов и поддержания биологического равновесия. Аллохтонная группа состоит из микроорганизмов, поступающих с различными загрязнениями (сточными водами, выделениями людей и животных). Следовательно аллохтонная микрофлора играет отрицательную роль. Однако опасность для здоровья человека отдельных ее представителей не одинакова. Среди аллохтонных микроорганизмов могут встречаться как сапрофитные, т. е. нормальные, обитатели тела человека, так и условно патогенные и даже патогенные, т. е. возбудители инфекционных болезней. Аллохтонные микроорганизмы в водоеме практически не размножаются и со временем отмирают, так как условия водоема не являются их естественной средой обитания. Длительно может сохраняться аллохтонная микрофлора, если одновременно в водоем попал и тот субстрат, в котором она до этого находилась (фекалии, мокрота и др.).

Помимо огромного физиологического значения воды, она только тогда удовлетворяет современным требованиям, если ее использование не сопровождается отрицательным, а тем более вредным, влиянием на здоровье человека. Влияние недоброкачественной воды на здоровье населения может проявляться по-разному: 1) в виде инфекционных заболеваний и инвазий; 2) неинфекционных заболеваний химической этиологии, в том числе эндемических; 3) неприятных психических ощущений, вызванных плохими органолептическими свойствами воды, иногда достигающих такой силы, что люди отказываются ее пить. Именно в предупреждении таких отрицательных последствий для здоровья населения состоит гигиеническое, в том числе эпидемическое и эндемическое значение воды.

Эпидемическое значение воды. Роль воды в механизме передачи возбудителей кишечных инфекций, развития эпидемий и пандемий человечество осознало за долго до открытия патогенных микроорганизмов. Тем не менее, се-

годня эта проблема остается весьма актуальной, несмотря на распространение централизованного водоснабжения населенных пунктов и усовершенствование методов обеззараживания. Поэтому при решении вопросов по обеспечению населения водой прежде всего необходимо предотвратить появление и распространение возбудителей инфекционных болезней, способных передаваться через воду. Это достигается постоянным обеспечением населения доброкачественной водой в достаточном количестве. При нарушении тех или иных гигиенических требований и санитарных правил как во время организации водоснабжения населенного пункта, так и при дальнейшей эксплуатации водопровода, может возникнуть чрезвычайно опасная, даже катастрофическая, ситуация — вспышка водной эпидемии, когда инфекционное заболевание одновременно передается сотням и тысячам людей.

Наиболее массовые водные эпидемии с тяжелейшими последствиями (нарушения общественного здоровья) связаны с возможностью распространения с водой возбудителей кишечных инфекций, которым свойствен фекально-оральный механизм передачи. Доказана возможность распространения через воду возбудителей холеры, брюшного тифа, паратифов А и В, сальмонеллеза, шигеллеза, эшерихиоза, лептоспироза, туляремии, бруцеллеза. В источниках водоснабжения нередко обнаруживают вирусы эпидемического гепатита (болезни Боткина), ротавирусного гастроэнтерита, аденовирусы и энтеровирусы (полиомиелита, Коксаки и ЕСНО). Приводим предложенную экспертами ВОЗ классификацию инфекционных болезней, в механизме передачи которых принимает участие вода.

/. *Болезни, возникающие вследствие использования загрязненной воды для питьевых нужд.*

1. Кишечные инфекции (ведущий механизм передачи — фекально-оральный):

а) бактериальной природы: холера, брюшной тиф, паратифы А и В, дизентерия, колиэнтерит, сальмонеллез;

б) вирусной этиологии: вирусный эпидемический гепатит А, или болезнь Боткина, вирусный гепатит Е, полиомиелит и другие энтеровирусные инфекции, в частности Коксаки и ЕСНО (эпидемическая миалгия, ангина, гриппоподобные и диспепсические расстройства, серозный менингоэнцефалит), ротавирусные болезни (гастроэнтерит, инфекционный понос);

в) протозойной этиологии: амебная дизентерия (амебиаз), лямблиоз.

2. Инфекции дыхательных путей, возбудители которых иногда могут распространяться фекально-оральным путем:

а) бактериальной природы (туберкулез);

б) вирусной этиологии (аденовирусные инфекции, в частности ринофарингит, фарингоконъюнктивальная лихорадка, конъюнктивит, ринофаринготонзиллит, ринит).

3. Инфекции колей и слизистых оболочек, которые могут иметь фекально-оральный механизм передачи (сибирская язва).

4. Кровяные инфекции, для которых возможен фекально-оральный механизм передачи (Ку-лихорадка).

5. Зооантропонозы, которые могут распространяться фекально-оральным путем (туляремия, лептоспироз и бруцеллез).
6. Гельминтозы:
 - а) геогельминтозы (трихоцефалез, аскаридоз, анкилостомидоз);
 - б) биогельминтозы (эхинококкоз, гименолепидоз).
- II. *Болезни кожи и слизистых оболочек, возникающие вследствие контакта с загрязненной водой: трахома, проказа, сибирская язва, контагиозный моллюск, грибковые заболевания (эпидермофития, микозы и др.).*
- III. *Заболевания, которые вызывают гельминты, живущие в воде (шистосомоз, дракункулез, или ришта).*
- IV. *Трансмиссивные инфекции, возбудителей которых распространяют насекомые-переносчики, размножающиеся в воде (малярия, желтая лихорадка).*

История знает много примеров эпидемий, вспыхнувших вследствие потребления загрязненной патогенными микроорганизмами воды из водоемов и водопроводов. Наиболее ярко роль водного фактора в распространении инфекционных заболеваний проявилась во время эпидемии холеры, которая в Лондоне в 1854 г. была впервые признана водной. Но наиболее массовые эпидемии кишечных инфекций зарегистрированы во второй половине XIX ст., что совпало с периодом бурного строительства водопроводов. Первые водопроводы, в которых преимущественно использовали воду из поверхностных водоемов, иногда не улучшали, а, наоборот, ухудшали санитарное состояние населенных пунктов. Это объясняется как нехваткой очистных сооружений на водопроводе, так и загрязнением водоемов из-за концентрации населения в городах. Вследствие этого возникли эпидемии брюшного тифа в Гамбурге и Лондоне, холеры — в Петербурге, в Ростове-на-Дону, других населенных пунктах.

Классические водные эпидемии описал выдающийся эпидемиолог профессор Л.В. Громашевский. Так, весной 1926 г. в Ростове-на-Дону вспыхнула острая водная эпидемия брюшного тифа. В то время в городе функционировало централизованное водоснабжение. Артезианскую воду подавали из подземных каптажных галерей. В результате разрыва канализационной сети нечистоты просочились в почву в радиусе 20 м и попали в подземные каптажные галереи. Сразу же после этого почти 20 тыс. человек обратились за медицинской помощью по поводу кишечных расстройств неясной этиологии. А еще через 2—3 нед резко увеличилась заболеваемость брюшным тифом (рис. 1). В период пика эпидемии заболели почти 2 тыс. человек. В дальнейшем уровень заболеваемости брюшным тифом снизился, однако превышал спорадический на протяжении лета, вплоть до сентября.

Хроническая водная эпидемия холеры была зарегистрирована в начале XX ст. в Санкт-Петербурге. Неполная обеспеченность города централизованным водоснабжением и канализацией, отсутствие обеззараживания воды на водопроводе привели к тому, что завезенная в 1908 г. холера стала в Санкт-Петербурге перманентной. Уровень смертности от нее в период до 1909 г. составлял 80 на 10 тыс. населения. Городские власти были вынуждены в 1909 г. внедрить на водопроводе очистные сооружения и обеззараживание воды хлором, благодаря чему смертность от холеры снизилась почти вдвое и составляла 45 на 100 тыс. населения. Ситуация значительно улучшилась после 1922 г., когда был кардинально реконст-

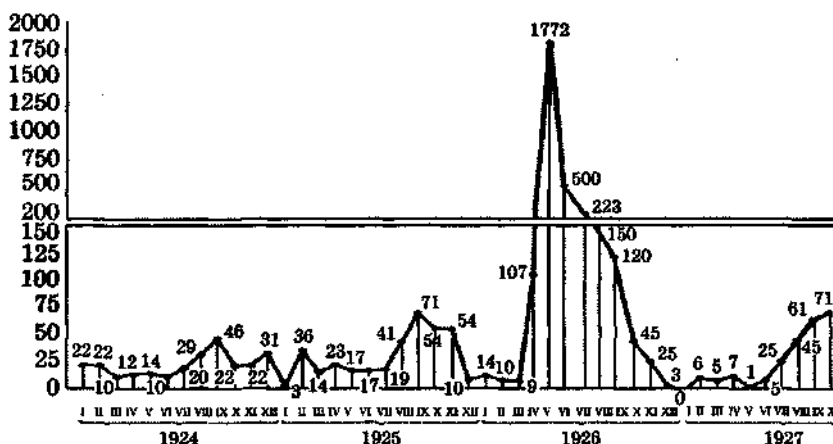


Рис. 1. Кривая заболеваемости брюшным тифом в Ростове-на-Дону в 1924—1927 гг. (по Л.В. Громашевскому, 1949)

руирован водопровод и центральное водоснабжение охватило весь город. Уровень заболеваемости сразу снизился почти втрое (до 15 на 10 тыс. населения).

В современных условиях на пути распространения инфекционных болезней водным путем существует много препятствий: сооружения для очистки и обеззараживания сточных вод перед их сбрасыванием в водоемы; процессы самоочищения водоемов; сооружения для очистки и обеззараживания воды на водопроводных станциях. Казалось бы, есть все возможности для ликвидации распространения инфекционных болезней водным путем, однако этого не удастся достичь на протяжении многих лет. Сейчас в мире инфекционная заболеваемость населения, связанная с водоснабжением, превышает 500 млн случаев в год. По данным ВОЗ, ежегодно вследствие низкого качества питьевой воды погибают почти 5 млн человек.

В Украине с 1992 по 1996 г. зарегистрировано 29 вспышек острых кишечных инфекций, из которых 12 вызваны *Sh. flexneri*, 10 — *S. thyphi*, 5 — возбудителями вирусного гепатита А. По одной вспышке вызвано возбудителями «SA sonnei и патогенными *E. coli*. При этом заболели 7401 человек, причем наиболее часто регистрировалось поражение вирусом гепатита А — 5306 человек. В 1997 г. было зарегистрировано 8 водных вспышек, в 1998 г. — 12.

Следует подчеркнуть, что полностью устранить риск возникновения кишечных инфекций невозможно, так как они могут распространяться не только через воду, но и через загрязненную пищу, руки, переноситься мухами и т. п. Вследствие этого поддерживается резервуар больных и носителей инфекции и спорадический уровень заболеваемости. Однако статистические данные убедительно свидетельствуют, что организация рациональной системы водоснабжения, очистки и обеззараживания воды на водопроводах способствует снижению заболеваемости населения кишечными инфекциями в 8—12 раз.

Распространение инфекционных болезней через воду теоретически и практически возможно только при наличии одновременно трех условий.

Сроки выживания микроорганизмов в воде (Н.М. Милявская, 1947), сут

Микроорганизм	Вода			
	стерильная	водопроводная	колодезная	речная
Кишечная палочка	8—365	2—262	2—106	21—183
Сальмонеллы брюшного тифа	6—365	2—93	12—107	4—183
Сальмонеллы паратифа В	39—167	27—371	Данных нет	Данных нет
Шигеллы дизентерии	2—72	5—27	Данных нет	Данных нет
Холерный вибрион	3—392	4—28	1—92	4—92
Полиовирусы	До 100	Свыше 118	Данных нет	Свыше 180
Лептоспиры	До 16	До 5	7—75	До 150
Туляремия палочка	3—15	До 92	12—60	7—31
Бруцеллы	6—168	5—25	4 ^ 5	До 10

Во-первых, возбудители должны попасть в источник водоснабжения. При современном развитии канализации в населенных пунктах и постоянном наличии инфекционных больных и бактерионосителей (1—2% населения) эта угроза существует всегда.

Во-вторых, патогенные микроорганизмы должны сохранять вирулентность и жизнеспособность в водной среде на протяжении длительного времени (табл. 1). Этим обеспечивается сохранение микроорганизмов как биологического вида. Хотя для возбудителей инфекционных болезней характерен паразитический образ жизни, наблюдения свидетельствуют о возможности их длительного существования вне организма человека.

Сроки выживания патогенной микрофлоры в воде зависят от ряда факторов. Вода, по сравнению с другими объектами окружающей среды, такими, как почва и воздух, является более благоприятной средой для жизнедеятельности патогенных бактерий и вирусов. Длительность выживания увеличивается вследствие способности некоторых микроорганизмов (например, бацилл сибирской язвы, ботулизма и др.) при попадании во внешнюю среду образовывать споры как форму сохранения вида. У других патогенных микроорганизмов (например, микобактерии туберкулеза и лепры) повышенная устойчивость обеспечивается за счет высокого содержания липидов (25—40%) в бактериальной клетке. Важную роль играет и количество микроорганизмов, которое попало в воду. Чем выше исходная доза загрязнения, тем продолжительнее сроки выживания микробов в воде. Выживанию патогенных микроорганизмов способствует одновременное попадание в водоем биологического субстрата, являющегося естественной средой их обитания, т. е. фекалий, мочи, мокроты, остатков трупов животных и т.п. Сохранению возбудителей способствует низкая и даже минусовая температура без периодического замораживания и оттаивания. Большое значение имеют особенности водоема, антагонизм его сапрофитной микрофлоры и разнообразных гидробионтов, уровень техногенного химического загрязнения воды, комплекс гидрологических и метеорологических факторов.

В-третьих, возбудители инфекционных болезней должны попасть в организм человека с питьевой водой. Это условие может реализоваться при нарушении технологии очистки и обеззараживания воды или правил эксплуатации водопровода. В частности, в случае загрязнения источника воды на участке водозабора вследствие отведения неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водоемы, проникновения воды из расположенных выше горизонтов (поверхностных водоемов, верховодки, грунтовых вод) в межпластовые воды при нарушении герметичности водонепроницаемого перекрытия, несоблюдения режима очистки и обеззараживания на водопроводных станциях, неудовлетворительного санитарно-технического состояния водопроводной и канализационной сетей, неправильного устройства и эксплуатации водоразборных колонок и т. п. Для загрязнения воды в водопроводной сети при централизованном водоснабжении необходимые три условия: 1) нарушение герметичности водопроводных труб; 2) образование вакуума в трубах; 3) наличие источника загрязнения вблизи участка нарушения герметичности водопроводных труб. Кроме того, инфицирование возможно при использовании для питья и хозяйственно-бытовых нужд воды из технического водопровода, из цистерн, баков и т. п. Заражение энтеропатогенной микрофлорой может произойти и в случае заглатывания воды во время купания в поверхностных водоемах или употребления в пищу грязных овощей, выросших на полях, орошаемых речной водой. Врачу медико-профилактической специальности для выбора правильной тактики во время разработки профилактических мероприятий и контроля за их соблюдением, нужно четко знать не только перечисленные выше условия загрязнения воды, но и *признаки водных эпидемий*.

Основным из них является одновременное появление большого количества больных с кишечными инфекциями, т. е. резкое повышение заболеваемости населения, так называемая эпидемическая вспышка. К тому же болеют люди, которые пользовались либо одним водопроводом (если нарушен процесс обеззараживания на водопроводной станции), или одной веткой водопроводной сети (если загрязнение воды произошло в сети), или одной колонкой (так называемая колонковая эпидемия в случае загрязнения воды в колонке), или одним шахтным колодцем. Заболеваемость длительное время удерживается на высоком уровне, по мере загрязнения воды и употребления ее населением. После проведения комплекса противоэпидемических мероприятий (ликвидации очага загрязнения, дезинфекции водопроводных сооружений, санации колодца и т. п.) вспышка угасает, заболеваемость резко снижается, кривая инфекционной заболеваемости падает. Однако заболеваемость остается повышенной (более высокой, чем спорадический уровень) еще некоторое время, т. е. наблюдается так называемый эпидемический шлейф. Это вызвано появлением во время вспышки эпидемии большого количества новых потенциальных источников инфекции (больных и носителей) и активизацией других путей распространения патогенных микроорганизмов от этих источников — контактно-бытовых, через загрязненные руки, детские игрушки, предметы ухода, продукты питания или живыми переносчиками (мухами) и т. п.

Кривая заболеваемости инфекционными болезнями, которые вызваны недоброкачественной водой, имеет одно-, двух-, трехгорбый или иной характер, что связано с инкубационным периодом. Например, инкубационный период при гастроэнтероколите эшерихиозной и сальмонеллезной этиологии составляет 1—3 сут, при холере — 1—5 сут, при дизентерии — 1—7 сут, при паратифах А и В — 7—14 сут, при брюшном тифе — 14—21 сут, при вирусном гепатите А и Е — 30 сут и более и т. п. Поэтому прежде всего будут регистрироваться заболевания с коротким инкубационным периодом (например, гастроэнтероколиты) и лишь потом — с длительным (паратифы А и В, брюшной тиф, вирусный гепатит А и т. п.).

Эндемическое значение воды. Массовые заболевания населения инфекционной природы — наиболее угрожающее, однако не единственное негативное последствие употребления недоброкачественной воды. Массовые поражения могут иметь неинфекционную природу, т. е. их причиной может быть наличие в воде химических — как минеральных, так и органических, примесей.

Проблема влияния химического состава воды на здоровье населения давно интересовала ученых, однако первые научно обоснованные представления об этом появились лишь в начале XX ст.

Весомый вклад в развитие этих представлений принадлежит русским и украинским ученым. Выдающиеся почвоведы, геохимики и биогеохимики В.И. Вернадский и А.П. Виноградов при изучении микроэлементного состава почв в различных регионах бывшего Советского Союза отметили, что в некоторых местностях содержание тех или иных химических элементов почвы или слишком высоко, или, наоборот, слишком мало. Недостаток или избыток тех или иных элементов в почве приводил к недостатку или избытку их в воде поверхностных или подземных водоемов, которые формируются на этой территории, а вследствие этого — и в питьевой воде. Кроме того, аномально высокое или низкое содержание химического элемента наблюдалось и в пищевых продуктах растительного и животного происхождения. Это определенным образом влияло на здоровье людей, постоянно проживающих в данной местности, — у них зарегистрированы болезни, которые в других регионах не выявлялись. Такие местности называли биогеохимическими провинциями, а регистрировавшиеся там болезни — геохимическими эндемиями, или эндемическими заболеваниями. В табл. 2 обобщена информация о наиболее распространенных эндемических болезнях, ареалах их распространения, причинах и основных клинических проявлениях. Существуют также ртутные (Горный Алтай), сурьмяные (Ферганская долина), медно-цинковые (Баймакская область), медные (Урал, Алтай, Донецкая обл. Украины, Узбекистан), кремниевые (Чувашия, Придунайские районы Болгарии и Югославии), хромовые (Северный Казахстан, Азербайджан) и другие биогеохимические провинции.

Среди упомянутых эндемических заболеваний особенно тесно связаны с употреблением воды эндемический флюороз, эндемический кариес, водно-нитратная метгемоглобинемия и эндемический зоб.

ТАБЛИЦА 2

Эндемические болезни и их характеристика

Болезнь	Причина	Биогеохимическая провинция	Клиническая картина
Эндемический флюороз	Содержание фтора в воде — более 1,5 мг/л	В горных районах, где залегают фторсодержащие минералы, Бучакская геохимическая провинция	Флюороз зубов, проявляется возникновением на зубах фарфороподобных пятен (I стадия), пигментацией пятен (II стадия), эрозиями эмали, поражением дентина, разрушением коронки (III стадия). В дальнейшем (IV стадия) наблюдается флюороз скелета (остеосклероз, оссификация связок, хрящей), нарушение обмена веществ, гастроэнтерит, гепатит, нефрит, миокардит
Эндемический кариес зубов	Концентрация фтора в воде — менее 0,5 мг/л	Эндемические зоны охватывают значительные территории на всех континентах	Деструкция зубной эмали и дентина (стадии пигментированного пятна и кариозной полости)
Водно-нитратная метгемоглобинемия	Концентрация нитратов в воде — более 45 мг/л		Клинические проявления гемической гипоксии: акроцианоз (носогубного треугольника, мочек уха, кончиков пальцев); цианоз слизистых оболочек; тахикардия; одышка; впоследствии — головокружение, судороги. Наблюдались преимущественно у детей грудного возраста, находящихся на искусственном вскармливании
Молибденовая подагра	Избыток молибдена (содержание его в питьевой воде составляет не более 0,25 мг/л). Суточная потребность — 0,1—0,3 мг	Армения (Анкаван и Кадржан)	В патогенезе — повышение активности ксантиноксидазы, интенсификация пуринового обмена, усиление образования мочевой кислоты, отложение ее солей (уратов) в суставах. Приступ подагрического артрита проявляется повышением температуры тела, сильной болью, отеком и покраснением чаще всего одного, иногда — нескольких пораженных суставов. Длится 5—6 сут, после чего значительное количество уратов выделяется с мочой. Впоследствии появляются признаки артроза. Болезнь сопровождается атеросклеротическим нефросклерозом ("подагрически сморщенная почка"), уролитиазом, ранним коронаросклерозом и атеросклерозом сосудов головного мозга, гипертензией, анемией, лейкопенией, функциональными нарушениями печени
Эндемический зоб	Недостаток йода. Суточная потребность человека — 0,1—0,2 мг (не менее 0,05 мг и не более 0,5 мг)	Карпаты, Полтавская обл., Средняя Азия, Кавказ, Алтай	В патогенезе — нарушение синтеза тироксина, гиперплазия щитовидной железы, гипотиреоз, угнетение обмена веществ. Наблюдаются увеличение щитовидной железы, снижение температуры тела, ожирение, пассивность, апатия, выпадение волос, у детей — дефекты развития, умственная отсталость, возможен кретинизм

Болезнь	Причина	Биогеохимическая провинция	Клиническая картина
Уровская болезнь, или болезнь Кашина — Бека	Полигипермикроэлементоз ¹ — повышенное содержание Sr, Fe, Mn, Zn, Pb, Ag, F на фоне низкого содержания Ca ²	Забайкалье, Восточная Сибирь (Читинская, Амурская, Иркутская обл.), Северная Корея и Китай	В патогенезе — конкурирующие взаимоотношения стронция и кальция, несбалансированное соотношение других микроэлементов, вследствие чего угнетается остеосинтез и процессы оссификации костей, возникают раннее синостозирование, а также дистрофические изменения внутренних органов и преждевременное старение организма. Развивается генерализованный симметричный остеодеформирующий остеоартроз, особенно межфаланговых, тазобедренных суставов и позвоночника. Наблюдаются искривление костей, их хрупкость, боль в суставах, деформации, приводящие к появлению симптомов медвежьей лапы и утиной походки
Селеновые болезни	Суточная потребность 0,05—0,2 мг		
Кешана	Гипомикроэлементоз	Китай, Забайкалье, Египет, Швеция	Эндемическая ювенильная кардиомиопатия. Повышенный риск развития атеросклероза, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, эндокринопатий. Фактор риска возникновения и повышенной смертности от злокачественных новообразований желудка, кишечника, молочной железы, яичников, предстательной железы, легких
Селеноз	Гипермикроэлементоз	США, Венесуэла	Хронический дерматит (зуд, шелушение кожи), артралгии, утомляемость, повышенный риск развития кариеса. У животных селеноз, или "щелочная болезнь", протекает с явлениями цирроза и некроза печени, сопровождается дефектами развития эмбриона и плода
Борный энтерит (бороз)	Избыток бора	Арало-Каспийская низменность, Западная Сибирь, Алтайский край	Энтерит, диарея, похудение, общая слабость вследствие нарушения усвоения углеводов и белков
Эндемическая нефропатия	Избыток кремния. Суточная потребность — 20—30 мг	Районы залегания силикатных горных пород на Балканах	Нефропатия, рак мочевых путей

¹ Микроэлементозы — патологические состояния, вызванные недостатком (гипомикроэлементоз), избытком (гипермикроэлементоз) или дисбалансом микроэлементов в организме. Эндемические болезни, обусловленные избытком или недостатком того или иного микроэлемента, или дисбалансом нескольких микроэлементов в почве, воде и продуктах питания, являются природными экзогенными микроэлементозами.

² Гигиенические нормативы содержания в питьевой воде приведены в табл. 5, 6.

Известно, что фтор так же, как и другие биомикроэлементы, является эссенциальным¹ фактором с параболической дозоэффектной зависимостью, наличием диапазона биологического оптимума и возможностью развития гипоплазии гипермикроэлементоза при условии недостаточного или избыточного поступления в организм человека. Суточная потребность во фторе составляет 3,2—4,2 мг, из которых от 70 до 85% поступает с питьевой водой. Именно этим фтор отличается от других микроэлементов, 70—85% суточной потребности которых почти всегда покрывается за счет пищевых продуктов. Избыточное поступление фтора в организм вызывает эндемический флюороз, недостаточное — способствует развитию кариеса.

В большинстве случаев в поверхностных слоях почвы природное содержание фтора низкое. Поэтому его концентрация в воде поверхностных водоемов не превышает 0,7 мг/л и составляет 0,5—0,6 мг/л. При этих условиях поступление фтора в организм с питьевой водой (3 л/сут) является недостаточным для формирования фторопатитов, укрепляющих кристаллические решетки гидроксиапатитов, из которых почти на 97% сформирована эмаль зуба. Прочность эмали снижается. Она становится проницаемой для молочной кислоты, образующейся в ротовой полости из углеводов пищи. Это приводит к активизации процесса вымывания кальция из эмали, т. е. деминерализация превалирует над реминерализацией. Эмаль становится еще менее прочной, проницаемой не только для молочной кислоты, но и для протеолитических ферментов микроорганизмов ротовой полости. Начинается разрушение органической части эмали, а впоследствии и дентина, развивается их деструктивное поражение, получившее название кариеса.

В то же время в ряде регионов подземные воды содержат фтор в высоких концентрациях. Так, в воде Бучакского водоносного горизонта, который формируется во фторсодержащих горных породах, концентрация фтора превышает 1,5 мг/л и достигает иногда 12 мг/л. Именно это стало причиной эндемического флюороза в Бучакской биогеохимической провинции (Полтавская область Украины). Избыточное поступление фтора, который является сильным окислителем и вследствие этого, как и другие галогены, — протоплазматическим ядом, приводит к инактивации ферментных систем одонтобластов — клеток, которые отвечают за процессы реминерализации зубов. В первой стадии флюороза наблюдаются фарфоро-, мелоподобные пятна на симметричных резцах, во второй — они пигментируются, окрашиваясь в желто-коричневый цвет. В третьей стадии появляются эрозии эмали, разрушается коронка зуба, становится неправильным прикус. При постоянном потреблении питьевой воды с высоким содержанием фтора может развиваться даже флюороз скелета (генерализованный остеосклероз, оссификация связок, особенно межреберных, хрящей), что приводит к ограничению подвижности. При этом могут поражаться нервная система и внутренние органы (сердце, почки, печень и т. п.).

Первые случаи *водно-нитратной метгемоглобинемии* у младенцев описал в 1945 г. Comli. У детей, находившихся на искусственном вскармливании обнаружили акроцианоз, одышку, тахикардию и другие признаки гипоксии.

Эссенциальность фактора — это специфичность его участия в прямых метаболических процессах, необходимых для выживания данного организма и его потомства.

Было установлено, что питательную смесь разводили водой с высоким содержанием нитратов. В 1949—1950 гг. случаи водно-нитратной метгемоглобинемии описал Uolton в США. За этот период зарегистрировано 278 случаев болезни, из них 39 — смертельных.

Со временем было доказано, что водно-нитратная метгемоглобинемия диагностирована, как правило, у детей раннего возраста при искусственном вскармливании питательными смесями, приготовленными на воде с высокой концентрацией нитратов (свыше 45 мг/л) и нитритов.

Нитраты не относятся к метгемоглобинообразователям, однако поступая в пищеварительный канал с водой, они под воздействием кишечной микрофлоры восстанавливаются в нитриты. Последние поступают в кровь и блокируют гемоглобин путем образования метгемоглобина (MtHb), который не способен вступать в обратимую реакцию с кислородом и переносить его. Таким образом, чем больше гемоглобина превратилось в метгемоглобин, тем меньше кислородная емкость крови. Метгемоглобин в 300, а по некоторым данным, — в 500 раз, более стойкий по степени диссоциации в сравнении с оксигемоглобином. Метгемоглобин, в отличие от оксигемоглобина, сам не диссоциирует. В случае его накопления снижается насыщение артериальной крови кислородом, развивается гемический тип гипоксии, возникает кислородное голодание. Если количество метгемоглобина превышает 50% общего количества гемоглобина, организм может погибнуть от гипоксии центральной нервной системы.

Во всех упомянутых случаях, когда болели младенцы, взрослые оставались здоровыми. Выяснилось, что в их крови метгемоглобин не накапливается вследствие разрушения метгемоглобинредуктазой эритроцитов, т. е. происходит быстрое восстановление гемоглобина. У малышей, особенно первого года жизни, наблюдается дефицит метгемоглобиновой редуктазы, что приводит к накоплению метгемоглобина. Именно поэтому чем младше ребенок, тем тяжелее протекает болезнь. Кроме того, у детей грудного возраста, особенно страдающих диспепсией, восстановление нитратов в пищеварительном канале происходит более активно, чему способствует низкая кислотность желудочного сока. К тому же фетальный гемоглобин новорожденных имеет большее сродство к нитратам, чем гемоглобин взрослого человека. >

В норме у детей старшего возраста и взрослых уровень метгемоглобина в крови не превышает 1—2%. При поступлении нитратов в организм взрослых в избыточных, однако не очень высоких дозах, концентрация метгемоглобина повышается незначительно, поскольку метгемоглобиновая редуктаза эритроцитов разрушает его. Это почти не сказывается на состоянии здоровья, однако у пациентов с анемией или сердечно-сосудистыми заболеваниями могут усиливаться проявления гипоксии. В то же время при поступлении больших количеств нитратов и у взрослых может развиваться острое отравление¹.

Допустимая суточная доза нитратов, по данным экспертов ВОЗ, составляет 5 мг на 1 кг массы тела, или 350 мг для человека с массой тела 70 кг. При концентрации нитратов в воде на уровне гигиенического норматива (45 мг/л) в течение суток с 3 л воды в организм человека может поступить 135 мг нитратов. Острое отравление у взрослых наблюдается при поступлении 1—4 г нитратов. Доза 8 г нитратов может привести к гибели человека, а доза 13—14 г является абсолютно смертельной.

У детей раннего возраста вследствие отсутствия метгемоглобинредуктазы происходит накопление метгемоглобина в крови, и когда его количество достигает 10%, появляются клинические признаки метгемоглобинемии: акроцианоз, одышка, тахикардия. При тяжелых формах заболевания (содержание метгемоглобина до 30%) развиваются судороги, дыхание Чейна—Стокса и наступает смерть. Очень тяжелая форма метгемоглобинемии развивается в случае, если концентрация метгемоглобина в крови достигает 30—40%.

Однако повышенное содержание нитратов в воде опасно для здоровья не только детей, но и взрослых. Это связано с ролью нитратов в синтезе нитрозаминов и нитрозамидов. Синтез происходит вследствие превращения нитратов в нитриты и взаимодействия последних с алифатическими и ароматическими аминами как в окружающей среде (в воде водоемов, почве, растениях), так и в организме человека (пищеварительном канале). Нитрозиламидам и нитрозаминам (нитрозодиметиламин, нитрозодиэтиламин, нитрозоdifениламин) свойственно мутагенное и канцерогенное действие. Большое количество возможных источников поступления нитрозаминов, нитрозамидов и их предшественников нитратов в водоемы хозяйственно-питьевого назначения, возможность их синтеза из нитратов в воде водоемов и пищеварительном канале, высокая растворимость и значительная стабильность делают питьевую воду одним из основных путей поступления нитрозамидов в организм человека. Поэтому повышенное содержание нитратов в воде способствует повышению онкологической заболеваемости населения.

С составом питьевой воды часто связывают *эндемию зоба* — болезни, которая сопровождается увеличением щитовидной железы. Длительное время ее этиология оставалась неизвестной, хотя для лечения этой болезни издавна успешно применяли морские водоросли и соль. В середине XIX ст. французские врачи Прево и Шатен высказали мнение, что причиной развития эндемического зоба является дефицит йода в рационе населения, и предложили йодную профилактику. Они доказали, что эндемический зоб поражает население биогеохимических провинций, где наблюдается недостаточное количество йода во всех элементах биосферы — почве, воздухе, воде, растениях, организме домашних животных. Патогенез эндемического зоба, в основе которого лежат нарушения функции щитовидной железы вследствие дефицита йода, является сложным. Он тесно связан с нарушением синтеза тиреоидных гормонов, угнетением тиреотропной функции гипофиза и секреторной активности щитовидной железы. В тяжелых случаях и без лечения развивается симптомокомплекс, подобный гипотиреозу, с отставанием в физическом и умственном развитии, кретинизмом.

Суточный баланс йода, по А.П. Виноградову, такой: 70 мкг должно поступать с пищей растительного происхождения, 40 мкг — с мясной пищей, 5 мкг — с воздухом, 5 мкг — с водой, т. е. в сумме 120 мкг/сут. На сегодня известно, что физиологическая суточная потребность в йоде несколько выше и составляет 150—200 мкг. Отмечена обратная корреляция между содержанием йода в воде источников, частотой и тяжестью течения болезни.

В то же время использование для питья воды с содержанием йода свыше 100 мкг/л может способствовать снижению уровня и даже ликвидации заболеваемости эндемическим зобом.

Таким образом, низкое содержание йода в питьевой воде и продуктах питания является непосредственной причиной заболеваемости населения эндемическим зобом. Количество йода в местных пищевых продуктах коррелирует с его количеством в воде поверхностных и подземных источников водоснабжения. Вследствие этого низкая концентрация йода в воде становится своеобразным индикатором его уровня в объектах окружающей среды и сигналом возможности возникновения зобной эндемии. Кроме того, было доказано, что повышенная жесткость воды в эндемичных районах способствует развитию эндемического зоба, так как ухудшает всасывание йода в пищеварительном канале.

Существенное влияние на возникновение в условиях недостатка йода эндемического зоба оказывает дисбаланс других макро- и микроэлементов. Установлено, что высокие концентрации кальция в воде в эндемичных по зобу регионах стимулируют, повышают функцию щитовидной железы, способствуя развитию наиболее тяжелой узловой, коллоидной формы эндемического зоба. Кроме того, малое количество калия в суточном рационе в условиях йодной недостаточности также способствует функциональному возбуждению щитовидной железы, но при этом развивается паренхиматозная форма эндемического зоба. Избыточное количество марганца способствует угнетению функции щитовидной железы, механизм которого состоит в блокировании ферментов, принимающих участие в превращении неорганического йода в органическую, но не активную форму — дийодтиронин. Кроме того, замедляется дальнейшая трансформация дийодтиронина в активную форму — тироксин.

Кроме фтора и йода, еще некоторые микроэлементы в концентрациях, наблюдающихся в природной воде некоторых биогеохимических провинций, могут отрицательно влиять на здоровье. Например, в биогеохимических провинциях с повышенным содержанием стронция в воде глубоких подземных горизонтов, используемой для питья, у детей обнаружены нарушения развития костной ткани, в частности задержка прорезывания зубов, позднее закрытие родничков. Также замечено уменьшение удельного веса детей младшего школьного возраста с гармоничным морфофункциональным развитием. Патогенез указанных нарушений связан с известным в биохимии фактом конкурентных отношений стронция и кальция во время их распределения в организме, в частности в костной системе. Аналогичным является и патогенез эндемической *уровской болезни*, которая наблюдается у жителей Забайкалья и других районов Юго-Восточной Азии.

В середине XIX ст. среди населения одного из городов Силезии появились массовые заболевания, получившие название "копытной" болезни в связи с характерными наростами на стопах. Со временем было диагностировано хроническое отравление мышьяком. Копытная болезнь возникала у людей вследствие длительного употребления артезианской воды, которая в процессе формирования водоносного горизонта контактировала с арсенопиритом и содержала мышьяк в концентрации 1—2,2 мг/л.

Гигиеническое значение техногенного загрязнения воды химическими веществами. Отдавая должное эндемическому значению воды, следует четко понимать, что сегодня еще более угрожающим здоровью людей является техногенное загрязнение водоемов химическими веществами вследствие сбрасывания неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий, поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий, территорий свалок промышленных отходов и т. п. Попадание в воду токсических веществ даже в небольших количествах может представлять опасность для здоровья отдельного человека и населения в целом, вплоть до возникновения массовых отравлений. Это обусловлено тем, что химические вещества, загрязняющие воду водоемов, не задерживаются современными очистными сооружениями водопроводных станций.

Вероятность негативного воздействия повышается при загрязнении воды чрезвычайно токсичными и высокотоксичными веществами, обладающими мутагенной и канцерогенной активностью, эмбриотоксичностью и тератогенностью, репродуктивной токсичностью и сенсибилизирующими свойствами.

Кроме того, риск вредного влияния выше, если вещество плохо и медленно разрушается в воде вследствие как физико-химических процессов (гидролиза и фотолиза), так и микробиологической деструкции. Стойкими в водной среде являются тяжелые металлы, хлорорганические соединения (ДДТ, ГХЦГ, алдрин, дилдрин, полихлорированные бифенилы, дибензодиоксины и дибензофураны), нитрозамины и т. п. С другой стороны, в воде в результате деструкции под воздействием различных физических, химических и биологических факторов могут образоваться более токсичные и опасные продукты трансформации. Например, нитраты могут превращаться в нитрозамины и нитрозамины, являющиеся мутагенами и канцерогенами; ртуть неорганическая может трансформироваться в метилртуть, вызывающую болезнь Минаматы.

Следует учесть и возможность комбинированного действия некоторых химических веществ при одновременном поступлении в организм с водой. Следствием этого чаще всего является суммация негативных эффектов, то есть аддитивное действие. Но вполне возможно и усиление эффекта, то есть потенцирование. Это свойственно тяжелым металлам, в частности свинцу и кадмию, полихлорированным диоксинам и дибензофуранам, хлорорганическим пестицидам ДДТ и ГХЦГ и т. п.

Химические вещества, находящиеся в воде в незначительных концентрациях, которые в 1,5–2 раза превышают ПДК, можно считать факторами низкой интенсивности. Они при длительном хроническом поступлении с водой оказывают неспецифическое влияние, связанное с угнетением общей сопротивляемости организма к действиям других вредных факторов. Первые последствия такого действия — нарушение функций отдельных органов и систем с напряжением компенсаторно-приспособительных механизмов — можно выявить только во время углубленных медицинских осмотров с использованием лабораторно-инструментальных методов исследования. В дальнейшем может наблюдаться увеличение неспецифической заболеваемости сначала наиболее чувствительных групп (младенцев, детей в возрасте до 14 лет, беременных, людей

пожилого возраста, больных с хронической соматической патологией), а впоследствии и всего населения. Иногда при значительных уровнях загрязнения воды наблюдается специфическое действие химических веществ — массовые хронические и острые отравления. Информация о случаях массовых заболеваний химической этиологии, обусловленных употреблением загрязненной воды и продуктов (в том числе морских), приведена в табл. 3.

Влияние на здоровье людей органолептических свойств воды следует рассматривать с позиции учения И.П. Павлова о высшей нервной деятельности. Исходя из этого, запах, вкус и привкус, внешний вид, прозрачность, цвет воды, которые воспринимаются органами чувств человека, являются раздражителями, действующими посредством центральной нервной системы на весь его организм. Доказано, что ухудшение органолептических свойств воды оказывает рефлекторное действие на водно-питьевой режим и некоторые физиологические функции организма человека, в частности угнетает секреторную деятельность желудка.

Исторический опыт свидетельствует о том, что плохие органолептические свойства воды сигнализируют о возможном вредном влиянии ее на здоровье. Инстинктивному стремлению к безопасности полностью отвечают эстетические представления, сформировавшиеся в процессе культурного развития человечества в целом и укрепляющиеся в процессе воспитания каждого человека с детства. Поэтому ясно, что у человека формируется защитная реакция на воду с плохими органолептическими свойствами — чувство отвращения, заставляющее отказываться от употребления такой воды, невзирая на жажду. Иначе говоря, органолептические свойства воды являются важным индикатором, влияющим на нервно-психическое состояние человека, и при определенных обстоятельствах могут привести не только к отказу от использования такой воды, но и к ухудшению здоровья.

Хозяйственно-бытовое и народнохозяйственное значение воды. Гигиеническое значение воды не исчерпывается лишь ее физиологической ролью и непосредственным влиянием на здоровье населения. Большое ее количество расходуется на гигиенические, хозяйственно-бытовые и производственные нужды. Так, использование воды в достаточном количестве способствует формированию навыков личной гигиены. Чистая кожа лучше выполняет физиологические функции, а именно, обладая бактерицидными свойствами, становится надежным барьером на пути проникновения возбудителей многих инфекционных болезней. Воду широко используют для оздоровительных целей, во время проведения спортивных мероприятий, для гидротерапии в лечебно-профилактических учреждениях.

Вода играет важную роль в создании оптимальных бытовых условий в жилых домах, общественных, в том числе лечебно-профилактических, учреждениях, на промышленных предприятиях. Ее используют для влажной уборки помещений, поддержания в чистоте предметов быта и ухода, стирки белья, приготовления пищи, мытья посуды и др.

Воду используют для производственных нужд на всех без исключения промышленных предприятиях. Иногда технологические процессы предусматривают

ТАБЛИЦА 3

Хронические интоксикации, связанные с техногенным загрязнением воды химическими веществами в концентрациях, превышающих ПДК

Вещество	Содержание в воде, ПДК	Болезнь	Клиническая картина
Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	Природные воды: чистые — до 0,5 нг/л; умеренно загрязненные — 0,5—50 нг/л; загрязненные — свыше 50 нг/л	Юшо (масляная болезнь)	Впервые зарегистрирована в г. Кюсю (Япония). Заболели 1000 человек, которые употребляли растительное масло из риса, обработанного ПХБ. Клинические признаки: рвота, тошнота, слабость, гиперкератоз кожи, хлоракне, бронхит, гепатит, неврологические нарушения. ПХБ преодолевают трансплацентарный барьер, попадают в молоко. Поэтому у женщин, переболевших во время беременности, рождались дети с проявлениями болезни Юшо. ПХБ оказывают канцерогенное воздействие
Свинец	Подземные воды — 0,1—20 мг/л; поверхностные — 0,3—5 мг/л. ПДК — 0,03 мг/л	Сатурнизм	Общая слабость, ухудшение аппетита, тремор конечностей, похудение, неприятный привкус во рту, свинцовая кайма на деснах, боль в животе, признаки анемии. Впоследствии парезы, параличи, нарушение гемопоэза, энцефалопатия, хроническая гепато- и нефропатия, анорексия, "свинцовая колика". Существует корреляция с частотой умственной отсталости у детей, смертностью от рака почек и лейкемии
Кадмий	Природные воды — 0,05—1 мг/л, в природных БГХП — до 10 мг/л. ПДК — 0,001 мг/л	Итай-итай	Обнаружена впервые в Японии (в г. Фуку, префектура Тояма), где рисовые поля орошали водой из реки Джинцу, в которую сбрасывали промышленные стоки, содержащие Cd. Зарегистрировано 3000 больных. Суточное поступление Cd в организм достигало 300 мкг и более. Cd — антагонист Ca, Se, Fe, Zn, Co. В патогенезе — дисфункция проксимальных отделов почечных канальцев вследствие отложения кадмия, что приводило к чрезмерной потере с мочой минеральных элементов костной ткани. Болезнь проявлялась сильной болью в ногах и пояснице вследствие остеомаляции и остеопороза, которые способствовали множественным переломам костей (особенно плечевых, локтевых, тазовых, бедренных, ребер и т. п.) и возникновению деформаций скелета. Сопровождалась железодефицитной гипохромной анемией, канальцевой дисфункцией почек, нарушением функции поджелудочной железы и энтеропатией. Кадмию свойственны тератогенные, мутагенные и канцерогенные эффекты
Мышьяк	Подземные воды — 0,002—0,8 мг/л; поверхностные — 0,003—10 мг/л. ПДК — 0,05 мг/л	Копытная болезнь	Случай массового отравления в Челябинской области в результате употребления для питья воды из консервированной шахты, где добывали мышьяковую руду. Содержание мышьяка в воде достигало 3—6 мг/л. Наблюдаются тошнота, рвота, ухудшение аппетита, головная боль, гиперкератоз, дерматиты, выпадение волос, ломкость ногтей, неврит, паралич, ухудшение тактильной чувствительности, нарушение зрения, поражение печени. Повышается заболеваемость онкологическими болезнями

Вещество	Содержание в воде, ПДК	Болезнь	Клиническая картина
Хром	Природные воды — 0,001—0,012 мг/л; в природных БГХП — до 0,112 мг/л. ПДК: Cr ⁶⁺ — 0,05 мг/л, Cr ³⁺ — 0,5 мг/л		Наибольшую опасность представляет Cr ⁶⁺ , который оказывает аллергическое, мутагенное и канцерогенное (рак пищевода) действие. При контакте с кожей и слизистыми оболочками приводит к язвам и дерматитам. Весьма опасен при ингаляционном поступлении (рак легких, предстательной железы, верхнечелюстных пазух)
Ртуть (неорганические и органические соединения)	Природные воды — 0,001—0,1 мкг/л; в природных БГХП — 1—5 мкг/л, иногда 30—50 мкг/л. ПДК ртути неорганической — 0,0005 мг/л	Болезнь Минаматы (этиологический фактор — метилртуть)	Ртуть — протоплазматический яд, блокирует SH-группы тиоловых энзимов, оказывает нейротоксическое, нефротоксическое, гепатотоксическое, гонадотоксическое, эмбриотоксическое и мутагенное действие, влияет на репродуктивную функцию и эндокринную систему. Болезнь Минаматы впервые зарегистрирована в 1953—1956 гг. в Японии, у жителей залива Минамата. Концентрация ртути в воде залива составляла 80—660 мкг/л. Заболели 130 человек, из них — 22 младенца. В 1964—1965 гг. в префектуре Ниигата вдоль р. Агано заболели 180 человек, из которых 52 погибли
Тригалометаны (ТГМ)	Образуются в воде при ее хлорировании в результате взаимодействия активного хлора с алифатическими углеводородами. ПДК: ТГМ — 0,1 мг/л, хлороформ — 0,06 мг/л, дибромхлорметан — 0,01 мг/л		Общетоксическое действие проявляется поражением печени и почек, нейротоксическими и кардиотоксическими эффектами. Свойственно канцерогенное действие — хлороформ и бромдихлорметан, по данным МАИР ¹ , принадлежат к канцерогенам группы 2Б
Диоксины: тетра-хлордибензодиоксины (ТХДД) и дибензофураны (ТХДФ)	Образуются при хлорировании воды, содержащей фенолы, гуминовые и фульвокислоты, лигнины. Могут поступать вместе со сточными водами некоторых предприятий химического синтеза. ПДК в пересчете на 2,3,7,8-ТХДД — 20 пг/л		2,3,7,8-ТХДД — наиболее токсичное вещество (в 2000 раз токсичнее стрихнина). В 1990 г. диоксины обнаружены в речной и питьевой воде в г. Уфе (Россия), в которую они попали со сточными водами и поверхностным стоком с территории завода "Химпром". Яд политропного действия: наблюдаются хлоракне, поражение печени, почек, центральной нервной системы, нарушения жирового и углеводного обмена. Оказывают канцерогенное действие. Чрезвычайно стабильны
Полициклические ароматические углеводороды	ПДК 3,4-бензпирена — 0,001 мкг/л		Общетоксическое действие является политропным: поражение печени, почек, центральной нервной системы, системы кроветворения. Оказывают канцерогенное действие

¹ МАИР — Международное агентство по изучению рака. По классификации МАИР все химические вещества в зависимости от канцерогенного риска для человека разделены на 3 группы: I — имеются достаточные эпидемиологические доказательства канцерогенности вещества для человека; II (подгруппы 2А и 2Б) — имеются достаточные экспериментальные доказательства канцерогенности для теплокровных животных, что дает основание считать вещество возможным канцерогеном для человека; III — данных недостаточно, чтобы классифицировать вещество с точки зрения его канцерогенности для человека.

использование не просто водопроводной воды, а специально подготовленной: деминерализованной, деионизированной, умягченной, апиrogenной воды. Строгие требования к качеству воды следует предъявлять в текстильной промышленности в процессе производства и крашения тканей, на фармацевтических предприятиях во время изготовления лекарственных средств, в пищевой промышленности при приготовлении продуктов питания и напитков, в атомной энергетике и т. п. В больших количествах ее используют в сельском хозяйстве (для орошения в растениеводстве и садоводстве, в теплицах, птицеводческих и животноводческих комплексах). Много водопроводной воды тратят на мытье улиц и орошение зеленых насаждений в пределах населенных пунктов. Обязателен так называемый пожарный запас воды.

Таким образом, трудно переоценить значение воды для обеспечения жизнедеятельности человека, сохранения и укрепления здоровья населения, обеспечения высокой степени санитарного благоустройства населенных пунктов, создания санитарных условий для проживания и удовлетворения народнохозяйственных нужд общества.

Научное обоснование гигиенических нормативов (стандартов) качества питьевой воды

Положительную роль в сохранении и укреплении здоровья людей, в профилактике инфекционных и неинфекционных болезней, в создании надлежащих санитарно-бытовых условий вода может выполнять лишь при соответствии ее качества определенным требованиям. К каждому типу воды предъявляют определенные гигиенические требования. Имеются свои научно обоснованные гигиенические нормативы качества воды и правила контроля за их соблюдением. Создан и внедрен в практику соответствующий нормативный документ (государственный стандарт), которым должен руководствоваться врач, дающий гигиеническое заключение о качестве воды.

Показатели качества воды, исходя из гигиенических требований, можно разделить на следующие группы: 1) органолептические показатели; 2) показатели безвредности по химическому составу; 3) показатели эпидемической безопасности. В последнее время в отдельные группы выделяют показатели радиационной безопасности и физиологической полноценности воды.

Питьевая вода, непосредственно используемая населением, должна быть доброкачественной, то есть иметь хорошие органолептические свойства, быть безвредной по химическому, в том числе и радионуклидному, составу, эпидемически безопасной и физиологически полноценной.

Водой с хорошими органолептическими свойствами врачи медико-профилактической специальности так же, как и большинство населения, считают такую, которая не имеет запаха, вкуса и привкуса, прозрачную, не окрашенную, не содержащую заметных на глаз примесей (пленок, осадка, взвешенных ве-

ществ и т. п.), прохладную. Такая вода не оказывает негативного влияния на нервно-психическое состояние человека, не приводит к отказу от нее и не вынуждает искать другие варианты для удовлетворения жажды.

Безвредной по химическому составу является такая вода, употребление которой не приведет к возникновению неинфекционных заболеваний химической этиологии (эндемических заболеваний, техногенных хронических и острых отравлений и т. п.) у людей и их потомков. Это должно быть гарантировано и для самых чувствительных групп населения (новорожденных, детей, беременных, людей пожилого возраста и др.), и в условиях использования ее на протяжении всей жизни, и с учетом вероятности комбинированного действия химических веществ при одновременном наличии в воде. Кроме эндемических болезней и техногенных отравлений, должны быть предотвращены последствия неспецифического действия (возрастание общей заболеваемости вследствие снижения сопротивляемости организма) и отдаленные (мутагенные, канцерогенные, эмбриотоксические, тератогенные, гонадотоксические, сенсибилизирующие, нейротоксические и т. п.) эффекты. Исходя из этого, концентрация в воде опасных для здоровья химических веществ не должна превышать ПДК, установленных на основе глубоких санитарно-токсикологических исследований. В то же время питьевая вода должна быть физиологически полноценной, ее минеральный состав, содержание биомикроэлементов (фтора, йода, селена и т. п.) должны быть адекватными биологическим потребностям организма. Кроме того, вода должна быть безвредной в радиационном отношении, т. е. содержать безопасное количество природных радионуклидов и иметь такую суммарную объемную α - и β -радиоактивность, которая не превышает гигиенического норматива¹.

Безопасной в эпидемическом отношении считается вода, которая не может служить фактором передачи возбудителей инфекционных заболеваний. То есть она не должна содержать опасных для здоровья человека патогенных и условно патогенных бактерий, вирусов, простейших, яиц гельминтов и т. п.

Органолептические свойства воды — это те ее признаки, которые воспринимаются органами чувств человека и оцениваются по интенсивности восприятия. Обонятельные, вкусовые, зрительные, тепловые ощущения обусловлены физическими характеристиками воды и наличием в ней определенных химических веществ (органических, минеральных солей, газов). Именно они и придают воде запах, вкус, привкус, окраску, мутность и т. п. Поэтому органолептические свойства воды характеризуются показателями двух подгрупп: физико-органолептическими, представляющими собой совокупность органолептических признаков, воспринимаемых органами чувств, и химико-органолептическими, свидетельствующими о содержании определенных химических веществ, способных раздражать соответствующие анализаторы и обуславливать то или иное ощущение.

Нередко в подземных водах регистрируют повышенные концентрации радия, во время распада которого выделяется радон. Его α -излучение создает определенную опасность внутреннего облучения, в том числе во время принятия гигиенических процедур (ванны, душа и т. п.).

Часто отмечаются случаи, когда примеси в питьевой воде не являются непосредственной причиной болезни, однако оказывают опосредованное негативное воздействие на здоровье, ухудшая органолептические свойства воды. Осадок, непривычная окраска, запах и привкус издавна являлись признаками недоброкачества воды, вызывали у человека отвращение и чувство возможной опасности для здоровья, заставляли искать другие источники водоснабжения, которые могли оказаться опасными в эпидемическом плане несмотря на хорошие органолептические свойства.

Хорошие органолептические свойства воды положительно влияют на организм человека. Так, приятная на вкус вода повышает остроту зрения и частоту сердечных сокращений, неприятная — снижает. Нельзя не учитывать и эстетическое влияние органолептических свойств воды. Тут уместно вспомнить слова Ф.Ф. Эрисмана: "Было бы непростительной ошибкой считать удовлетворение такой эстетической потребности роскошью, поскольку тут эстетика и гигиена сливаются настолько, что разделить их практически не представляется возможным".

Запах — способность имеющихся в воде химических веществ испаряться и, создавая давление пара над поверхностью воды, раздражать рецепторы слизистых оболочек носа и пазух, обуславливая соответствующие ощущения.

По характеру различают природные (ароматический, болотный, гнилостный, рыбный, травяной и т. д.), специфические (аптечный) и неопределенные запахи. Однако для гигиенической оценки и сравнения качества воды недостаточно такой характеристики. Понятно, что один и тот же запах может иметь различную интенсивность.

К тому же у разных людей неодинакова чувствительность анализатора обоняния. У некоторых она очень высока. Именно они могут чувствовать запах воды тогда, когда обычный человек его не воспринимает.

Учитывая изложенное выше, для характеристики интенсивности запахов воды еще в 1914 г. в США предложили пятибалльную шкалу: 0 — запах не ощущается, его не выявляет даже опытный одоратор; 1 — не определяется потребителем, но обнаруживается опытным одоратором; 2 — слабый, обнаруживается потребителем только в том случае, если указать на него; 3 — заметный, обнаруживается потребителем и вызывает его неодобрение; 4 — отчетливый, обращающий на себя внимание и делающий воду не пригодной для питья; 5 — очень сильный, определяемый на расстоянии, вследствие чего вода не пригодна для употребления.

С повышением температуры ухудшается растворимость в воде газов. К тому же увеличивается летучесть растворимых в воде органических веществ, что приводит к повышению давления их пара над поверхностью воды. Из-за этого единица объема воздуха содержит больше молекул вещества, и как следствие, в большей мере раздражаются рецепторы анализатора обоняния, т. е. запах усиливается. Кроме того, под влиянием высокой температуры в воде могут происходить химические превращения и появляться новые вещества с запахом. Поэтому запах воды оценивают как при комнатной температуре (20 °C), так и при ее нагревании до 60 °C.

Экспериментально в опытах на животных доказано, что изменение запаха воды рефлекторно воздействует на питьевой режим и физиологические функции организма. Особенно это касается неприятных запахов, которые обуславливают защитную условно-рефлекторную реакцию, заставляя отказываться от употребления такой воды.

Качественной можно считать лишь такую воду, которая, по мнению потребителей, не имеет запаха. Обычные люди не чувствуют запаха интенсивностью 0 и 1 балл по пятибалльной шкале. Запах интенсивностью 2 балла чувствуют лишь некоторые потребители (до 10% населения), и лишь в том случае, если обратить на это их внимание. При повышении интенсивности запах становится ощутимым для всех потребителей без какого-либо предупреждения. Поэтому интенсивность запаха питьевой водопроводной воды не должна превышать 2 баллов. Кроме того, следует учитывать, что воду подогревают для приготовления горячих напитков и первых блюд, а это может привести к усилению ее запаха. Именно поэтому питьевая вода должна иметь запах интенсивностью не выше 2 баллов при температуре как 20 °С, так и 60 °С, что и отражено в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Вкус и привкус — способность содержащихся в воде химических веществ после взаимодействия со слюной раздражать вкусовые сосочки, расположенные на поверхности языка, и обуславливать соответствующие ощущения.

По характеру различают соленый, горький, кислый и сладкий вкусы. Остальное — привкусы: щелочной, болотный, металлический, нефтепродуктов и т. д. Но для гигиенической оценки и сравнения качества питьевой воды недостаточно только качественной характеристики вкусов и привкусов. Один и тот же привкус может иметь разную интенсивность. К тому же у разных людей неодинакова чувствительность вкусового анализатора. Поэтому для характеристики интенсивности вкусов и привкусов воды была предложена пятибалльная шкала, аналогичная пятибалльной шкале интенсивности запахов.

Запах, вкус и привкус воды имеют существенное гигиеническое значение. Во-первых, если они неприятны и легко определяются потребителями, то это ограничивает потребление питьевой воды и заставляет искать новые источники. Но вода этих источников, несмотря на хороший запах, вкус и привкус, может оказаться опасной в эпидемиологическом отношении и содержать токсические вещества. Во-вторых, специфические запах, вкус и привкус свидетельствуют о загрязнении воды вследствие попадания в водоем (источник водоснабжения) сточных вод промышленных предприятий или поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий. В-третьих, естественный запах, вкус и привкус свидетельствуют о том, что в воде есть определенные органические и неорганические вещества, образовавшиеся в результате жизнедеятельности водных организмов (водорослей, актиномицетов, грибов и т. п.) и биохимических процессов превращения органических соединений (гуминовых веществ), которые попали в воду из почвы. Эти вещества могут быть биологически активными, небезразличными для здоровья, обладать аллергическими свойствами и т. п. И, наконец, запах, вкус и привкус являются показателями эффективности очистки воды на водопроводных станциях.

Качественной можно считать только такую воду, которая, по оценке потребителей, не имеет вкуса и привкуса. Обычные люди не ощущают вкус и привкус интенсивностью 0 и 1 балл. Вкус и привкус интенсивностью 2 балла чувствуют только некоторые потребители (до 10% населения), и лишь при условии предупреждения, то есть если обратить на это их внимание. При повышении интенсивности вкус и привкус становятся ощутимыми для всех потребителей без какого-либо предупреждения. Поэтому интенсивность вкуса и привкуса питьевой водопроводной воды не должна превышать 2 баллов, что и отражено в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Цветность — природное свойство воды, обусловленное наличием в ней гуминовых веществ, которые вымываются в воду из почвы. Гуминовые вещества образуются в почве вследствие микробиологического разрушения чужеродных органических соединений и синтеза почвенными микроорганизмами нового органического вещества, присущего почве, которое называется гумусом. Гумус коричневого цвета, и поэтому гуминовые вещества придают воде окраску от желтой до коричневой. На количество этих веществ влияют геологические условия, водоносные горизонты, характер почвы, наличие болот и торфяников в бассейнах рек и т. д. Небольшое количество гуминовых веществ образуется непосредственно в поверхностных водоемах вследствие микробиологического разрушения водных растений (водорослей). Чем больше в воде гуминовых веществ, тем выше окрашивание воды и интенсивнее ее цветность.

Для измерения уровня цветности разработана хромово-кобальтовая шкала, имитирующая цветность природной воды. Эта шкала представляет собой растворы калия хромата, кобальта сульфата и серной кислоты в воде. Чем выше концентрация этих веществ, тем интенсивнее желто-коричневое окрашивание раствора и больше цветность. Для оценки цветности воды можно использовать и платиново-кобальтовую шкалу. Цветность воды измеряют в градусах путем сравнения ее интенсивности с окрашиванием растворов хромово-кобальтовой или платиново-кобальтовой шкалы. Раньше это сравнение осуществляли визуально, а в настоящее время используют спектрофотометры и фотоколориметры.

Практически бесцветной можно считать лишь такую воду, цветность которой не воспринимается глазом и не превышает 20 градусов. Только в этом случае не ограничивается ее использование и не будут вестись поиски иных возможностей для утоления жажды. Если большинство потребителей скажет, что вода желтоватая, то ее цветность по имитирующей шкале превышает 20 градусов. Именно поэтому в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду отмечено, что ее цветность не должна превышать 20 градусов.

Кроме цветности, следует помнить и об окраске воды. Она связана с загрязнением воды веществами органического и неорганического происхождения, в частности красителями, которые могут попадать в водоемы со сточными водами предприятий легкой промышленности, некоторыми неорганическими соединениями железа, марганца, меди как природного, так и техногенного происхождения. Так, железо и марганец могут окрашивать воду в цвета от красного

до черного, медь — от бледно-голубого до сине-зеленого, т. е. загрязненная стоками промышленных предприятий вода может иметь неестественный цвет.

Окраску определяют визуально или фотометрическим методом после удаления взвешенных веществ путем фильтрования или центрифугирования. Визуально изучают цвет, оттенок, интенсивность окраски воды. Для этого воду наливают в цилиндр с плоским дном. На расстоянии 4 см от дна размещают лист белой бумаги. Через столбик воды в цилиндре рассматривают лист и оценивают его цвет. Воду из цилиндра сливают до тех пор, пока цвет не будет восприниматься как белый, присущий всему листу бумаги. Измеряют высоту столбика, при котором исчезает окрашивание. Окраска воды не должна определяться в столбике высотой 20 см. Иногда, если окраска очень интенсивная, возникает потребность в разведении исследуемой воды дистиллированной водой. Интенсивность и характер окраски воды можно установить, измерив спектрофотометром или фотоколориметром ее оптическую плотность для световых волн различной длины.

Необычные цветность и окраска воды ограничивают ее употребление и заставляют искать новые источники водоснабжения. Однако вода новых источников может оказаться опасной в эпидемиологическом отношении и содержать токсические вещества. Кроме того, повышение окраски и цветности воды может свидетельствовать о ее загрязнении промышленными сточными водами. Вода с высокой цветностью может быть биологически активной за счет гуминовых органических веществ. Убедительных данных о влиянии воды с высокой цветностью на здоровье человека в литературе нет. Но известно, что в результате действия гуминовых кислот на 50—100% повышается проницаемость стенок кишечника для катионов Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, сульфат-ионов. И наконец, цветность является показателем эффективности очистки (обесцвечивания) воды на очистных сооружениях.

Мутность — природное свойство воды, обусловленное наличием в ней взвешенных веществ органического и минерального происхождения (глины, ила, органических коллоидов, планктона и т. п.).

Противоположная характеристика воды — *прозрачность*, то есть ее способность пропускать световые лучи. Чем больше в воде взвешенных веществ, тем выше ее мутность, то есть меньше прозрачность.

Для количественной оценки прозрачности воды был предложен метод Снеллена. Воду наливают в цилиндр с плоским дном. На расстоянии 4 см от дна размещают стандартный шрифт. Высота букв составляет 4 см, а толщина — 0,5 мм. Воду из цилиндра сливают до тех пор, пока через ее столбик можно будет прочесть буквы. Высота этого столбика (в сантиметрах) и характеризует прозрачность воды. Прозрачная, по мнению потребителя, вода в случае измерения по методу Снеллена имеет прозрачность не менее 30 см.

Для измерения уровня мутности воды была предложена имитирующая каолиновая шкала. Это набор суспензии белой глины (каолина) в дистиллированной воде. Содержание каолина в суспензиях колеблется от 0,1 до 0,5 мг/л. Мутность воды измеряют в миллиграммах на литр посредством сравнения ее оптической плотности с плотностью стандартных растворов каолина. Рань-

ше эти сравнения производили визуально. Сегодня используют нефелометры, спектрофотометры и фотоколориметры.

Если воду, которую потребители оценили как прозрачную, оценить по имитирующей каолиновой шкале, то окажется, что ее мутность не превышает 1,5 мг/л. Если же преобладающее число потребителей считает, что вода непрозрачная, то ее мутность превышает 1,5 мг/л. Именно поэтому в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду указано, что ее мутность не должна превышать 1,5 мг/л.

Мутность тесно связана с другими свойствами воды, прежде всего с цветностью, запахом и привкусом. Так, гуминовые вещества, определяющие цветность воды, делают ее мутной (за счет коллоидной фракции), придают ей естественный запах и привкус. Красноватый цвет свидетельствует о наличии в воде железа гидроксида (III). Такая вода мутная, со специфическим вязущим привкусом.

Мутность влияет на микробиологические показатели качества воды. Большинство микроорганизмов сорбируется на поверхности или находится в середине взвешенных частиц, органические и неорганические вещества которых защищают бактерии и вирусы. Данные литературы свидетельствуют о том, что обеззараживание мутной воды хлором в течение 30 мин даже при остаточном, свободном активном хлоре на уровне 0,3—0,5 мг/л неэффективно относительно кишечных бактерий и вирусов (например, возбудителей гепатита А). В то же время осветление и обесцвечивание воды на очистных сооружениях, направленные на удаление взвешенных и гуминовых веществ, способствуют удалению 90% бактерий.

Установлено, что хлорированная мутная вода может быть опасной для здоровья вследствие образования хлорорганических соединений — токсичных и даже канцерогенных. Это хлорфенолы, хлорцианы, тригалометаны, хлорированные полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы.

Мутная, непрозрачная вода вызывает у человека чувство отвращения. Это ограничивает ее употребление и заставляет искать новые источники водоснабжения, вода в которых может оказаться опасной в эпидемиологическом отношении и содержать вредные вещества. Мутность воды свидетельствует о ее загрязнении органическими и неорганическими веществами, которые могут быть вредными для здоровья человека или образовывать вредные вещества во время реагентной обработки воды (например, хлорирования). Мутность является показателем эффективности осветления воды на очистных сооружениях. И, наконец, мутность является одним из факторов, влияющих на эффективность обеззараживания воды, то есть на эффективность очистки ее от патогенных бактерий и особенно энтеровирусов.

Температура воды заметно влияет на ее качество. Так, употребление воды, нагретой до температуры выше 25 °С, вызывает рвотный рефлекс. Поэтому в соответствии с международным стандартом температура питьевой воды не должна превышать 25 °С. Потребители же считают оптимальной прохладную (12—15 °С) воду.

От температуры зависят органолептические свойства воды, прежде всего запах, вкус и привкус. Это связано с ее влиянием на растворимость газов (например, сероводорода) и парциальное давление летучих органических веществ, которые придают воде запах (например, хлорфенолов). С повышением температуры запах воды усиливается. К тому же температура влияет на привкус воды: при комнатной температуре он выражен в большей мере. Снижение и повышение температуры сопровождаются ослаблением привкуса.

Температура влияет на скорость и эффективность процессов очистки и обеззараживания воды на водопроводных станциях. Так, с повышением температуры до 20—25 °С в теплый период года улучшаются процессы осветления и обесцвечивания воды поверхностных водоемов за счет коагуляции. В то же время ухудшается эффективность ее фильтрации через активированный уголь в результате уменьшения его адсорбционных свойств.

Влияние температуры на обеззараживание воды объясняется двумя факторами. *Во-первых*, температура влияет на обесцвечивание и осветление воды, от которых зависит эффективность обеззараживающего действия хлорсодержащих реагентов (хлорной извести, гипохлоритов, хлора в виде газа, хлораминов и т. п.). Взвешенные вещества препятствуют механическому проникновению хлора в бактериальную клетку. *Во-вторых*, с повышением температуры усиливается диффузия молекул обеззараживающих веществ в середину бактериальной клетки, то есть повышается скорость процесса дезинфекции.

Но необходимо учитывать и другой аспект этого явления. В теплой воде дольше, чем в прохладной, сохраняют жизнедеятельность, инвазивность и патогенность возбудители инфекционных заболеваний, поскольку оптимальной для них является температура тела человека, т.е. 35—37 °С. Причем энтеровирусы (например, возбудители полиомиелита) сохраняются дольше, чем бактерии, до 6 мес.

Наоборот, яйца и цисты гельминтов, особенно геогельминтов, в теплой воде быстро гибнут и дольше сохраняются в прохладной, так как их развитие и созревание происходят не в организме человека, а в почве, и оптимум температур находится в диапазоне до 20 °С. Так, яйца шистосом гибнут при температуре 29—32 °С в течение 3 сут, при 15—24 °С — 3 нед, а при 7 °С — лишь в течение 3 мес.

Согласно правилу Вант-Гоффа, с повышением температуры на 10 °С в 2—4 раза повышается скорость химических реакций. Следовательно, ускоряется образование тригалометанов и других хлорированных углеводов (полихлорированных бифенилов, диоксинов и т. п.) во время хлорирования воды, содержащей органические соединения.

Эти соединения могут негативно влиять на здоровье человека. Так, детально изучены токсические свойства хлороформа (трихлорметана), так как длительное время его использовали для ингаляционной анестезии. Известно, что хлороформ угнетает деятельность центральной нервной системы, влияет на функции печени и почек. При остром отравлении возникают головокружение, кома, возможна смерть. Через 24—48 ч прекращается функционирование почек, через 2—5 сут поражается печень. К тому же экспериментально установлено, что хлороформ оказывает канцерогенное действие, другие тригалометаны — мутагенное влияние.

Таким образом, *гигиеническое значение* температуры заключается в ее влиянии на процессы осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды, от чего зависят ее органолептические свойства, безопасность в эпидемиологическом и токсикологическом отношении.

Принимая во внимание влияние на органолептические свойства, температура может стать причиной ограничения водопотребления и поисков другого, безопасного в эпидемиологическом и токсикологическом отношении, источника водоснабжения. Влияя на процесс хлорирования воды, температура может косвенным образом отрицательно воздействовать на здоровье. Кроме того, следует помнить, что вода подземных межпластовых горизонтов имеет постоянную температуру, не зависящую от температуры атмосферного воздуха. Отклонение в ту или иную сторону свидетельствует о проникновении в межпластовый слой воды с поверхностных горизонтов, то есть о возможном загрязнении.

Абсолютно понятно, что в доброкачественной питьевой воде не должны содержаться какие-либо примеси, видимые невооруженным глазом. Это касается пленок на поверхности воды в случае ее загрязнения различными поверхностно-активными веществами (растительным, машинным маслом, детергентами, нефтью, бензином, дизельным топливом, керосином, другими органическими растворителями), а также осадков, которые образуются на дне стакана с водой, взвешенных в толще воды хлопьев, пены от синтетических моющих средств и т. п. Примеси, определяемые визуально, делают воду непригодной для употребления. Такая вода вызывает у человека отвращение, что ограничивает ее использование.

Химические вещества, определяющие органолептические свойства воды. Кроме органолептических показателей основной группы (*физико-органолептических*), следует обратить внимание на группу *химико-органолептических* показателей. Эти показатели в свою очередь также разделяют на подгруппы: химические вещества, которые встречаются в природных водах, появляются в воде вследствие загрязнения водоемов или в процессе водоподготовки.

К показателям, характеризующим природный химический состав воды, относятся: сухой остаток (минерализация общая), водородный показатель (рН), жесткость общая, содержание железа, сульфатов, хлоридов, марганца, меди, цинка.

Сухой остаток (минерализация общая) — это количество растворенных веществ, преимущественно минеральных солей, в 1 л воды. Количество органических веществ в сухом остатке составляет не более 10%, поэтому можно считать, что этот показатель характеризует общую минерализацию воды.

Воду с сухим остатком до 1000 мг/л называют пресной. Именно такая минерализация свойственна воде рек, большинства пресных озер и водохранилищ. Воду называют солоноватой, если ее минерализация составляет 1000—3000 мг/л, и соленой при минерализации свыше 3000 мг/л, что характерно для воды морей и океанов.

Наиболее распространенными в природной воде являются: анионы Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} и катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ . В зависимости от того, какой анион или группа анионов преобладает, природные воды разделяют на три класса: 1) гидрокарбонатные и карбонатные (HCO_3^- и CO_3^{2-}); 2) сульфатные (SO_4^{2-}); 3) хлоридные (Cl^-).

Издавна с химическим (минеральным) составом воды связывали ее вкусовые качества и возможность развития у населения массовых заболеваний. В современных условиях интерес к вопросу влияния минерализации воды на организм человека возрос, а объем исследований расширился. Этому способствовало и то, что ныне проблема дефицита пресной воды во многих странах мира является очень острой. Особое значение приобрела гигиеническая оценка электролитного состава питьевой воды с появлением технических возможностей его изменения. Сегодня можно считать, что влияние общей минерализации воды или ее электролитного состава на организм человека достаточно изучено.

Первый в мире норматив сухого остатка в воде был принят Брюссельской комиссией в 1853 г. Установили его (500 мг/л) на основании среднего значения сухого остатка в воде водоемов Саксон-Веймарского герцогства, которая считалась доброкачественной по органолептическим свойствам и не вызывала заболеваний среди населения. Но со временем возникли другие предложения.

Обосновывая норматив сухого остатка в питьевой водопроводной воде, прежде всего нужно учитывать его влияние на органолептические свойства. Известно, что значительное содержание минеральных солей придает воде соленый или горький вкус. Соленый вкус придают воде преимущественно натрия и кальция хлориды, горький — магния сульфаты и хлориды. Потребители ощущают этот вкус, если общая минерализация воды превышает 1000 мг/л. Естественно, что вследствие неприятного вкуса уменьшается употребление воды. В экспериментальных исследованиях, проведенных с участием волонтеров, было установлено, что количество воды, употребляемой ими для утоления жажды, зависело от степени ее минерализации: при минерализации 500 мг/л количество выпитой воды равнялось 92%, 1000 мг/л — 49%, 2000 мг/л — 13% суточной потребности в питьевой воде.

К тому же вода с повышенной минерализацией хуже утоляет жажду. Ощущение жажды возникает рефлекторно вследствие уменьшения количества воды в организме, главным образом в плазме крови. Даже незначительное обезвоживание приводит к повышению осмотического давления плазмы крови и к раздражению осморорецепторов сосудов, что вызывает возбуждение определенных зон коры головного мозга — так называемого центра жажды. Чтобы утолить жажду, нужно прекратить раздражение осморорецепторов, то есть нормализовать осмотическое давление плазмы крови. Этого легче достичь, употребляя воду с низкой минерализацией, которая является гипотонической в отношении крови и межтканевой жидкости.

Чтобы вода не имела горького и соленого вкуса интенсивностью свыше 2 баллов, ее сухой остаток не должен превышать 1000 мг/л. Именно такую воду называют пресной. То есть верхний предел минерализации (сухого остатка)

питьевой воды — 1000 мг/л — установлен на основании влияния на органолептические свойства воды.

Кроме того, опыты на лабораторных животных и результаты исследований, проведенных с участием волонтеров, свидетельствуют, что употребление высокоминерализованной воды небезразлично для организма: оно может приводить к расстройству многих метаболических и биохимических процессов и развитию различных нарушений как на функциональном, так и на морфологическом уровне. Так, употребление воды с сухим остатком, превышающим 1000 мг/л, сопровождается повышением гидрофильности тканей, задержкой воды в организме, уменьшением на 30—60% диуреза. Вследствие этого повышается нагрузка на сердечно-сосудистую систему и тяжесть течения хронических болезней: ишемической болезни сердца, стенокардии, миокардиодистрофии, гипертонической болезни. Повышается риск их обострения, что может привести к инфаркту миокарда и т. п.

Употребление воды с повышенной минерализацией может вызвать диспепсические расстройства у лиц, которые изменили место проживания. Это обусловлено содержанием в воде солей магния и прежде всего сульфатов, которые раздражают слизистую оболочку тонкой и толстой кишок, усиливая их перистальтику. Кроме того, под влиянием такой воды изменяется секреторная и моторная функции желудка.

Установлено, что длительное употребление высокоминерализованной воды приводит к развитию и прогрессированию мочекаменной и желчнокаменной болезней.

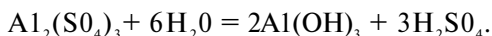
С развитием технологии опреснения соленых вод для питьевых нужд возникла проблема гигиенического нормирования нижнего предела минерализации. Известно, что вода с низкой минерализацией (сухой остаток — до 50—100 мг/л) неприятна на вкус. Ее длительное употребление может вызвать нарушения водно-электролитного баланса и обмена минеральных веществ. Так, в опытах на лабораторных животных и исследованиях, проведенных с участием волонтеров, установлено, что систематическое употребление дистиллированной воды приводит к нарушению водно-электролитного гомеостаза, которое основано на реакции осморцепторного поля печени, обуславливающей повышенный выброс натрия в кровь. Это явление сопровождается перераспределением воды между внеклеточной и внутриклеточной жидкостями. Нижним пределом минерализации, при котором гомеостаз организма поддерживается адаптивными реакциями, является 100 мг/л. Оптимальный уровень минерализации питьевой воды составляет 200—400 мг/л. При этом минимальное содержание кальция должно быть не менее 25 мг/л, магния — 10 мг/л.

Таким образом, оптимальной считают минерализацию воды на уровне 300—500 мг/л. Вода с сухим остатком 100—300 мг/л считается удовлетворительной минерализации, 500—1000 мг/л — повышенной, но допустимой минерализации. Солонатовая и соленая вода (с минерализацией выше 1000 мг/л) неприятна на вкус, ее употребление приводит к нарушениям в состоянии здоровья. Поэтому качественной следует считать питьевую воду, имеющую сухой остаток до 1000 мг/л.

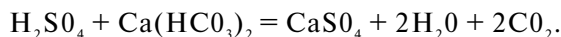
Водородный показатель (рН) — природное свойство воды, обусловленное наличием свободных ионов водорода. В большинстве поверхностных водоемов рН воды составляет 6,5—8,5, в подземных водах — 6—9. Кислыми (рН < 7) являются болотные воды, богатые гуминовыми веществами, щелочными (рН > 7) — подземные воды, содержащие большое количество гидрокарбонатов.

Изменение активной реакции воды свидетельствует о загрязнении источника водоснабжения кислыми или щелочными сточными водами промышленных предприятий. Необходимо также помнить, что подземная межпластовая вода имеет постоянную активную реакцию. Даже незначительное отклонение рН в ту или иную сторону свидетельствует о проникновении в межпластовый горизонт воды из поверхностных горизонтов, то есть о загрязнении артезианской воды.

Активная реакция влияет на процессы очистки и обеззараживания воды. Например, в щелочных водах улучшается осветление и обесцвечивание за счет улучшения процессов коагуляции. Чаще всего для коагуляции используют алюминия сульфат, который в воде гидролизуются и превращается в алюминия гидроксид:

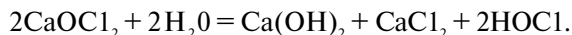


Но алюминия гидроксид образуется лишь в случае нейтрализации серной кислоты. Это происходит при наличии в природной воде гидрокарбонатов:



Свойство воды, обусловленное наличием свободных оснований и прежде всего гидрокарбонатов щелочно-земельных металлов, называют *щелочностью*. Если природная щелочность воды низкая, то задерживается процесс образования алюминия гидроксида, а именно он обеспечивает процесс коагуляции. Поэтому на водопроводных станциях при низкой щелочности воды ее подщелачивают раствором извести.

Механизм влияния рН воды на ее обеззараживание сводится к следующему. Чаще всего для дезинфекции используют хлорную известь. В воде она гидролизуются, образуя хлорноватистую кислоту:



Хлорноватистая кислота диссоциирует в воде, образуя ион водорода и гипохлорит-ион:



В кислой среде равновесие смещается в сторону молекулярной формы, в щелочной — в сторону ионной. Недиссоциированная молекулярная форма хлорноватистой кислоты лучше проникает через оболочки внутрь бактериальной клетки, чем гидратированные ионы гипохлорита. Поэтому в кислой среде процесс обеззараживания воды ускоряется.

рН является основой кислотно-основного состояния, которое достигается в воде благодаря наличию различных растворимых соединений. Учитывая

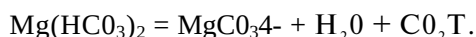
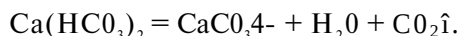
влияние рН на процессы осветления, обесцвечивания и обеззараживания, принято, что питьевая вода должна иметь активную реакцию, которая приближается к нейтральной и колеблется в пределах 6—9, что и отражено в государственном стандарте.

Жесткость. Различают общую, карбонатную, постоянную и устранимую жесткость.

Общая жесткость — это природное свойство воды, обусловленное наличием так называемых солей жесткости, т.е. всех солей кальция и магния в сырой воде (сульфатов, хлоридов, карбонатов, гидрокарбонатов и др.).

Карбонатная жесткость — это жесткость, обусловленная присутствием гидрокарбонатов и карбонатов Ca^{+} и Mg^{+} , растворенных в сырой воде.

Устранимая, или гидрокарбонатная, жесткость — это жесткость, которую удается устранить при кипячении воды. Она обусловлена гидрокарбонатами Ca^{+} и Mg^{+} , которые во время кипячения воды превращаются в нерастворимые карбонаты, и выпадают в осадок:



Под постоянной жесткостью понимают жесткость кипяченой воды в течение 1 ч, которая обусловлена наличием хлоридов и сульфатов Ca^{2+} и Mg^{2+} , не выпадающих в осадок.

Сегодня общую жесткость воды выражают в единицах СИ — мг-экв/л. В прошлом пользовались градусами жесткости или "немецкими" градусами (°Н). Было принято, что 1 °Н жесткости отвечает 10 мг СаО в 1 л воды. Переход от "немецких" градусов к единицам СИ следующий:

$$1 \text{ мг-экв СаО} = \frac{\text{ИммольСаО}}{\text{Валентность Са}} = \frac{40 + 16}{2} = 28 \text{ мг}.$$

Если 10 мг СаО составляют 1 °Н, то 28 мг СаО — 2,8 °Н, то есть 1 мг-экв/л = 2,8 °Н или 1 °Н = 0,35 мг-экв/л.

Вода с общей жесткостью до 3,5 мг-экв/л (10°) считается мягкой, от 3,5 до 7 мг-экв/л (10—20°) — умеренно жесткой, от 7 до 10 мг-экв/л (20—28°) — жесткой и свыше 10 мг-экв/л (28°) — очень жесткой.

Впервые норматив общей жесткости воды был предложен в 1874 г. в Германии в качестве средней величины жесткости воды водоемов Саксон-Веймарского герцогства. Этот норматив составлял 18—20°, или приблизительно 7 мг-экв/л. Такую же величину рекомендовал и Ф.Ф. Эрисман в 1898 г. Вскоре, принимая во внимание разные местные условия, для некоторых регионов были предложены другие нормативы.

Обосновывая норматив общей жесткости питьевой водопроводной воды, прежде всего необходимо учитывать ее влияние на органолептические свойства. Известно, что значительное содержание солей жесткости, особенно магния сульфата, придает воде горький вкус. Потребители ощущают этот вкус, если общая жесткость воды превышает 7 мг-экв/л. При этом они отказываются от употребления такой воды и ищут альтернативные источники водоснаб-

жения, вода которых может оказаться небезопасной в эпидемиологическом или токсикологическом отношении.

Чтобы вода не имела горького вкуса интенсивностью выше 2 баллов, ее общая жесткость не должна превышать 7 мг-экв/л. Иначе говоря, доброкачественная вода должна быть мягкой (с общей жесткостью до 3,5 мг-экв/л) или умеренно жесткой (от 3,5 до 7 мг-экв/л). То есть верхний предел общей жесткости питьевой воды — 7 мг-экв/л — установлен на основании ее влияния на органолептические свойства.

Со временем было доказано, что в зависимости от жесткости вода по-разному влияет на здоровье людей. Резкий переход при пользовании от мягкой воды к жесткой, а иногда и наоборот, может вызвать у людей диспепсию, обусловленную прежде всего наличием в воде магния сульфата. В районах с жарким климатом пользование водой с высокой жесткостью приводит к ухудшению течения мочекаменной болезни. Теория об этиологической роли жесткости воды в развитии этого заболевания дала возможность урологам выделить так называемые каменные зоны — территории, на которых уролитиаз можно считать эндемическим заболеванием. Питьевая вода, которой пользуются жители этих зон, характеризуется повышенной жесткостью. Опыты на животных подтвердили, что электролиты, обуславливающие жесткость воды, могут быть одними из этиологических факторов развития уролитиаза.

Соли жесткости нарушают всасывание жиров вследствие их омыления и образования в кишечнике нерастворимых кальциево-магниевых мыл. При этом ограничивается поступление в организм человека эссенциальных веществ — полиненасыщенных жирных кислот, жирорастворимых витаминов, некоторых микроэлементов. В частности, вода с жесткостью свыше 10 мг-экв/л в регионах, эндемичных в отношении гипомикроэлементоза йода (организм человека нуждается как минимум в 120 мкг йода в сутки, оптимально — 200 мкг), повышает риск заболевания эндемическим зобом.

Вода с высокой жесткостью способствует развитию дерматита. Механизм этого явления состоит в омылении солями жесткости жиров с образованием нерастворимых в воде кальциево-магниевых мыл, обладающих раздражающим действием.

К тому же надо учитывать, что с повышением жесткости воды усложняется кулинарная обработка пищевых продуктов, а именно: хуже развариваются мясо и бобовые, плохо заваривается чай, образуется накипь на стенках посуды. Кроме того, повышаются расходы мыла, волосы после мытья становятся жесткими, кожа грубеет, ткани желтеют, теряют мягкость, упругость из-за импрегнации кальциево-магниевых мыл.

Однако и очень мягкая вода может отрицательно влиять на организм вследствие уменьшения поступления прежде всего *кальция*. Известно, что кальций выполняет в организме множество функций, в том числе пластическую: он крайне необходим для остеогенеза и репарации костей (в костях содержится 99% кальция), принимает участие в образовании дентина. Кальций необходим для поддержания нервно-мышечного возбуждения, участвует в процессах свертывания крови, влияет на проницаемость биологических мембран. Суточная

потребность взрослого человека в кальции колеблется от 800 до 1100 мг (от 1000 мг/сут в возрасте до 7 лет и почти 1400 мг — в возрасте 14—18 лет). Во время беременности потребность в нем повышается до 1500 мг/сут, во время грудного вскармливания — до 1800—2000 мг/сут.

Потребность человека в кальции удовлетворяется главным образом за счет молока и молочных продуктов. С водой средней жесткости (3,5—7 мг-экв/л, или 10—20°) кальций поступает в организм в количестве, равном приблизительно 15—25% физиологической суточной потребности. Дефицит кальция в организме развивается очень быстро, поскольку выведение его является постоянным и не зависит от поступления. Поэтому длительное пользование мягкой водой, обедненной кальцием, может привести к дефициту его в организме. Установлено, что у детей, которые проживают в районах с мягкой водой (до 3,5 мг-экв/л), на зубной эмали образуются лиловые пятна, которые являются следствием декальцинации дентина. Считают, что урсовская болезнь (болезнь Кашина — Бека), которая является эндемическим полигипермикроэлементозом стронция, железа, марганца, цинка, фтора, возникает в местностях с низким содержанием кальция в питьевой воде.

В последние годы сформировалась теория, согласно которой вода с низким содержанием электролитов, обуславливающих жесткость, способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний. По результатам эпидемиологических исследований была выявлена статистически значимая, хотя и не очень сильная, обратная корреляционная связь между степенью жесткости питьевой воды и уровнем смертности населения от сердечно-сосудистых заболеваний. Однако многокомпонентность водного фактора не дает оснований считать, что смертность вследствие сердечно-сосудистых заболеваний повысилась лишь за счет меньшей жесткости питьевой воды, и окончательно признать наличие корреляционной зависимости. Существенно, что в исследованиях были недостаточно учтены социально-гигиенические факторы, которые, безусловно, являются ведущими в развитии сердечно-сосудистой патологии. Результаты ряда исследований также свидетельствуют о том, что каждый элемент, содержащийся в питьевой воде, проявляет физиологическое действие не сам по себе, а в сочетании с другими. Изучение особенностей сочетанного действия компонентов питьевой воды, физиологических и патофизиологических механизмов ее проявления — новая страница в изучении гигиены воды.

Таким образом, оптимальной является вода средней жесткости, т.е. в пределах 3,5—7 мг-экв/л (10—20°). Жесткая (7—10 мг-экв/л) и очень жесткая (свыше 10 мг-экв/л) вода неприятна на вкус, ее употребление приводит к негативным изменениям в состоянии здоровья. Поэтому доброкачественная питьевая вода должна иметь жесткость, не превышающую 7 мг-экв/л.

Хлориды и сульфаты. Хлориды и сульфаты распространены в природе в виде солей натрия, калия, кальция, магния и других металлов. Они составляют большую часть сухого остатка пресных вод. Наличие хлоридов и сульфатов в воде водоемов может быть обусловлено природными процессами вымывания их из почвы, а также загрязнением водоема различными сточными водами. Природное содержание хлоридов и сульфатов в воде поверхностных водоемов

незначительно и в большинстве случаев колеблется в пределах нескольких десятков миллиграммов на литр.

Природное содержание хлоридов в воде в зависимости от условий формирования водоема может быть разным: от десятков до сотен (в условиях солончаковых почв) миллиграммов на литр. В проточных водоемах содержание хлоридов обычно невелико — до 20—30 мг/л. Незагрязненные грунтовые воды в местностях с не солончаковой почвой обычно содержат до 30—50 мг/л хлоридов. В водах, фильтрующихся через солончаковую почву или осадочные породы, может содержаться сотни и даже тысячи миллиграммов хлоридов в 1 л, хотя вода может быть безукоризненной в эпидемиологическом отношении. Поэтому, используя хлориды как показатель эпидемиологической безопасности, необходимо учитывать местные условия формирования качества воды.

Хлорид-ион — самый распространенный в организме человека анион, который играет важную роль в обеспечении осмотического давления межклеточной жидкости и крови и поддержании водно-электролитного баланса. Ежедневно в организм человека вместе с продуктами питания при условии употребления соли поступает от 6 до 12 г хлоридов, большинство из которых выводится преимущественно (85—90%) почками. Среднесуточное поступление хлоридов с питьевой водой составляет приблизительно 100 мг, что значительно меньше, чем количество хлоридов, поступающих с пищей. Поэтому ясно, что хлориды воды существенно не влияют на физиологические и биохимические процессы в организме человека. Доказано лишь то, что вода, содержащая большое количество хлоридов, неблагоприятно влияет на желудочную секрецию.

В то же время хлориды способны придавать воде соленый вкус, ухудшая ее органолептические свойства. Поэтому они и входят в группу химико-органолептических показателей качества воды. Доказано, что пороги чувствительности вкуса для хлоридов натрия, калия и кальция составляют соответственно 210, 310 и 222 мг/л. Потребители ощущают соленый вкус воды, если содержание хлоридов в ней превышает 350 мг/л.

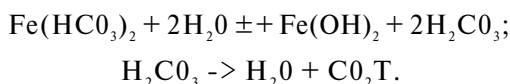
Дальнейшая детализация гигиенического значения хлоридов приведена при рассмотрении санитарно-химических показателей эпидемической безопасности воды (см. с. 97—98).

Сульфаты, как и хлориды, влияют на органолептические свойства воды. Они придают ей горький вкус. Пороговые концентрации по влиянию на вкус воды составляют для натрия, кальция и магния сульфата соответственно 500, 900 и 600 мг/л. Горький вкус становится ощутимым для большинства потребителей, если содержание сульфатов в воде превышает 500 мг/л. Кроме того, сульфаты в количестве 1—2 г оказывают слабительное действие. Также влияет вода, если содержит 700 мг/л магния сульфата. Однако со временем организм человека адаптируется к таким и даже более высоким концентрациям сульфатов в воде.

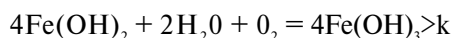
Чтобы питьевая вода не имела соленого или горького вкуса интенсивностью более 2 баллов, концентрация хлоридов не должна превышать 350 мг/л, а сульфатов — 500 мг/л, что и отражено в государственном стандарте на питье-

вую водопроводную воду. Кроме того, сульфаты и хлориды в питьевой водопроводной воде всегда содержатся одновременно. Поэтому они оказывают комбинированное воздействие на вкусовые рецепторы, результатом которого является усиление вкусовых ощущений. И если в отдельности хлориды в концентрации 350, а сульфаты — 500 мг/л не ухудшают органолептических свойств воды, то присутствуя одновременно они придают ей ощутимый вкус интенсивностью свыше 2 баллов. Чтобы при этих условиях потребители не ощущали вкус, т. е., чтобы он не превышал 2 баллов, необходимо, чтобы сумма концентраций хлоридов и сульфатов, выраженная в долях от пороговых каждого вещества в отдельности, не превышала 1.

Железо. Концентрация железа в природной воде колеблется от 0,01 до 26,0 мг/л. В поверхностных водоемах железо содержится в виде стойкого гуминовокислого железа (III), в подземных водах — гидрокарбоната двухвалентного Fe (II). Железа гидрокарбонат — $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ — нестойкое соединение и легко гидролизует:



После подъема подземной воды на поверхность железо (II) окисляется кислородом атмосферного воздуха до Fe (III) с образованием железа гидроксида (III):



Железа гидроксид (III) плохо растворяется и образует в воде коричневые хлопья, что обуславливает ее цветность и мутность. При значительном содержании железа в воде в результате указанных превращений она приобретает желто-коричневый цвет, становится мутной, с терпким металлическим привкусом. Если содержание железа в воде превышает 0,3 мг/л, то потребители будут ее воспринимать как мутную и окрашенную в желто-коричневый цвет, то есть ее цветность будет превышать 20°, а мутность — 1,5 мг/л. Если же концентрация железа в воде выше, чем 1 мг/л, то она имеет вязущий привкус. Необходимо отметить, что в таких концентрациях, которые влияют на органолептические свойства воды, железо не имеет ни физиологического, ни, тем более, токсикологического значения. Известно, что суточная потребность в железе мужчин составляет 15—17 мг, женщин — 18—21 мг. С водой при суточной потребности 3 л и предельном, исходя из влияния на органолептические свойства воды, содержании железа 0,3 мг/л, человек может получить не более 1 мг железа. Поэтому гигиеническая регламентация железа в питьевой воде основывается на его способности придавать воде мутность и окраску при содержании железа, превышающем 0,3 мг/л. Именно эта предельная величина и указана в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Марганец. Природные воды могут содержать марганец от нескольких микрограммов до нескольких миллиграммов в 1 л. При концентрации, превышающей 0,15 мг/л, марганец окрашивает воду в розовый цвет и придает ей неприятный привкус. Во время стирки окрашивается белье, образуется накипь на посуде. Если соединения марганца (II) в воде окисляются, то это приводит к

усилению негативного влияния на органолептические свойства. Так, при аэрации воды, содержащей марганец в концентрациях свыше 0,1 мг/л, образуется темно-бурый осадок MnO_2 . Если воду с содержанием марганца, превышающим 0,1 мг/л, озонировать с целью обеззараживания, то за счет образования солей Mn^{7+} (перманганатов) может появиться заметное на глаз окрашивание в розовый цвет. Необходимо отметить, что в таких концентрациях, которые уже влияют на органолептические свойства воды, марганец не имеет ни физиологического, ни тем более, токсикологического значения.

Известно, что марганец является биомикроэлементом, суточная потребность которого составляет 5—7 мг. Он играет важную роль в функционировании флавопротеинов, синтезе мукополисахаридов, холестерина, гемоглобина, входит в состав пируваткиназы (ферментной системы энергетического обмена), супероксиддисмутазы (ферментной системы антиоксидантной защиты), ДНК-полимеразы, других ферментных систем. В то же время установлено, что избыточное количество марганца в воде и суточном рационе способно блокировать ферменты, которые принимают участие в превращении неорганического йода в органический и в дальнейшем — в превращении биологически неактивной его формы (дийодтиронина) в активный гормон тироксин. То есть избыток марганца способствует угнетению функции щитовидной железы, особенно при дефиците йода.

С водой при суточной потребности 3 л и предельном, исходя из влияния на органолептические свойства, содержании марганца 0,1 мг/л, в организм человека может поступить не более 0,3 мг марганца, что не приведет к негативному воздействию на здоровье. Поэтому гигиеническая регламентация марганца в питьевой воде основывается лишь на его способности в концентрациях, превышающих 0,1 мг/л, ухудшать ее органолептические свойства. Именно эта величина и указана в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Медь. Чаще всего концентрация меди в воде находится в пределах 0,01—0,5 мг/л. Если она превышает 5,0 мг/л, медь придает водопроводной воде отчетливый неприятный терпкий привкус. Порог привкуса в дистиллированной воде еще ниже — 2,6 мг/л. При концентрации меди в воде свыше 1,0 мг/л окрашивается белье во время стирки, наблюдается коррозия алюминиевой и цинковой посуды. Необходимо отметить, что в концентрациях, влияющих на органолептические свойства воды, медь не оказывает негативного воздействия на организм человека.

Во-первых, медь входит в состав многих ферментных систем (церулоплазмина, цитохромоксидазы, оксидазы аскорбиновой кислоты и т. п.), принимает участие в тканевом дыхании, кроветворении, остеогенезе, то есть является биомикроэлементом, суточная потребность которого составляет 2—3 мг. Например, в процессе кроветворения обмен меди тесно связан с обменом железа. Медь способствует депонированию его в печени, использованию для синтеза гемоглобина, чем стимулирует кроветворную функцию костного мозга. Поэтому в результате дефицита меди может развиваться гипохромная микроцитарная анемия.

Во-вторых, медь малотоксична. По данным экспертов ФАО/ВОЗ, ее допустимая суточная доза составляет 30 мг. В то же время с водой при суточной потребности 3 л и предельном, исходя из влияния на органолептические свойства, содержании меди 1,0 мг/л, в организм человека может поступить не более 3 мг. Поэтому гигиеническая регламентация меди в питьевой воде основывается на способности в концентрациях свыше 1,0 мг/л ухудшать ее органолептические свойства. Именно эта величина и указана в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Цинк. Высокое содержание в воде цинка ухудшает ее органолептические свойства. В концентрациях свыше 5,0 мг/л соединения цинка придают воде ощутимый неприятный вяжущий привкус. При коррозии оцинкованных труб вода приобретает вид молока. При этом могут появляться опалесценция и образовываться пленки во время кипячения. Необходимо отметить, что в концентрациях, влияющих на органолептические свойства воды, цинк не оказывает негативного влияния на организм человека.

Во-первых, цинк является биомикроэлементом — входит в состав свыше 200 металлоферментов (карбоксипептидаз А и В поджелудочной железы, карбоангидразы эритроцитов, алкогольдегидрогеназы печени, щелочной фосфатазы печени, почек, плаценты, супероксиддисмутазы и т. п.). Цинку принадлежит важная роль в синтезе нуклеиновых кислот и белков, стабилизации структуры ДНК и РНК, депонировании инсулина β -клетками поджелудочной железы, в процессах кроветворения и иммунологической защиты, кальцификации и остеогенеза, репарации и восстановления. Экзогенный дефицит цинка сопровождается симптомокомплексом тяжелой железодефицитной анемии с гепатоспленомегалией, задержкой полового развития, атрофией яичек, карликовостью (болезнь Прасада). Дефицит цинка в организме приводит к преждевременным родам, слабости родовой деятельности, атоническим кровотечениям, врожденным порокам развития. Суточная потребность в цинке составляет 10—16 мг.

Во-вторых, соединения цинка малотоксичны. Безвредными для здоровья считают концентрации цинка в питьевой воде до 40 мг/л. Поэтому гигиеническая регламентация содержания цинка в питьевой воде основывается на способности в концентрациях свыше 5,0 мг/л ухудшать ее органолептические свойства. Именно эта величина и указана в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Показатели безвредности воды по химическому составу определяются химическими веществами, которые могут негативно влиять на здоровье человека, вызывая развитие разнообразных болезней. Их делят на химические вещества природного происхождения; вещества, которые добавляют в воду в качестве реагентов; химические вещества, которые поступают в воду вследствие промышленного, сельскохозяйственного или бытового загрязнения источников водоснабжения.

Химические вещества природного происхождения (бериллий, молибден, мышьяк, свинец, нитраты, фтор, селен, стронций) обуславливают эндемические болезни (см. "Эндемическое значение воды", с. 57—63). Некоторые из них

(молибден, селен, фтор) принадлежат к так называемым биомикроэлементам, то есть элементам, содержание которых в тканях не превышает 0,01%, но которые являются эссенциальными для человека. Они обязательно должны поступать в организм человека в оптимальных суточных дозах. При несоблюдении этого условия может развиваться гипо- или гипермикроэлементоз. Другие вещества (бериллий, мышьяк, свинец, нитраты, стронций), позитивная роль которых в организме пока еще не установлена и которые не являются эссенциальными, при избыточном поступлении могут оказывать токсическое действие.

Если в питьевой воде содержание *молибдена* превышает 0,25 мг/л, то продолжительное ее употребление может привести к развитию молибденового гипермикроэлементоза (молибденоза), который клинически подобен подагре. Суточная потребность взрослого человека в молибдене составляет 0,1—0,3 мг. Он входит в состав фермента ксантиноксидазы, который принимает участие в пуриновом обмене, окисляя ксантин и гипоксантин до мочевой кислоты. Длительное поступление значительных количеств молибдена в организм человека, проживающего в эндемичных относительно молибдена регионах, приводит к синтезу избыточных количеств ксантиноксидазы. Это усиливает образование и накопление мочевой кислоты в тканях, в частности в синовиальных оболочках суставов, хрящах и сухожилиях. Отложение уратов в суставах является причиной возникновения молибденовой подагры (болезни Ковальского). С целью предупреждения развития этой болезни содержание молибдена в питьевой воде не должно превышать 0,25 мг/л.

Суточная потребность в *селене* составляет 0,05—0,2 мг и почти на 90—95% удовлетворяется за счет продуктов питания. Селен входит в состав многих металлоферментов, в частности глутатионпероксидазы — одного из ключевых энзимов антиоксидантных систем. Защищает токоферолы и липиды биологических мембран, предупреждает образование избыточных количеств свободных радикалов, стимулирует синтез серосодержащих аминокислот, улучшает клеточное дыхание, способствует детоксикации ртути, кадмия, мышьяка, свинца и т. п. Селендефицитное состояние, которое развивается у людей, проживающих в геохимических районах с низким содержанием селена в почве, получило название болезни Кешана (ювенильная кардиопатия). Кроме того, в указанных регионах повышен риск заболевания атеросклерозом, гипертонической болезнью, инфарктом миокарда, эндокринопатией, злокачественными новообразованиями желудка, кишечника, молочной железы, легких. В то же время в селенорудных районах среди людей, которые ежедневно получали 0,2 мг селена на 1 кг массы тела (человек с массой тела 60 кг ежедневно получал 12 мг, т. е. в 60 раз больше суточной потребности), выявляли признаки хронического селеноза: дерматит (зуд, шелушение кожи), нарушение функции пищеварительного канала, боль в суставах, разрушение зубов, утомляемость, головокружение. Было доказано, что селен, поступающий в организм с водой, токсичнее селена алиментарного происхождения. В токсикологических исследованиях на животных было установлено, что пороговая (минимально действующая) концентрация селена в воде составляет 0,01 мг/л. Недействующей, то есть такой, которая не оказывает вредного влияния, признана концентрация

0,001 мг/л. Это и отражено в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Наиболее всесторонне изучено влияние на организм **фтора**. Еще в начале XX ст. доказали роль фтора в развитии заболевания, проявлением которого является пятнистость эмали зубов. Из-за значительного распространения среди жителей определенных геохимических территорий, где вода содержала высокие концентрации фтора (2—8 мг/л), болезнь получила название "эндемический флюороз".

Поскольку до 85% суточной потребности во фторе (3,2—4,2 мг) удовлетворяется за счет воды и лишь 15% — алиментарного происхождения, степень (стадия) развития эндемического флюороза тесно связана с содержанием фтора в питьевой воде. При концентрации 1,6—1,8 мг/л у некоторых людей на симметричных зубах появляются сначала мелоподобные, а впоследствии — желтовато-коричневые пятна. В местностях, где уровень фтористых соединений в воде превышает 2 мг/л, коричневатые пятна обнаруживают на многих зубах у большинства обследованных. Если его уровень превышает 2,5 мг/л, эмаль становится жесткой и темнеет, а впоследствии становится крохкой и коронка зуба начинает разрушаться. Вследствие продолжительного (в течение 10—20 лет) употребления воды с концентрацией фтора 10 мг/л и выше, возможны боль и ограничение подвижности в суставах, прогрессирующая форма деформации скелета, что в конечном счете приводит к инвалидизации.

Степень поражения населения кариесом, так же, как и флюорозом, зависит от содержания фтора в воде. При очень низкой концентрации фтора — до 0,3 мг/л — поражение населения кариесом зубов в 3—4 раза превышает уровень, который наблюдается в условиях оптимальной концентрации. У детей наблюдаются задержка окостенения и дефекты минерализации костей. Низкой считается концентрация фтора от 0,3 до 0,7 мг/л, при которой поражение населения кариесом в 2—3 раза больше, чем при оптимальной концентрации. Оптимальная концентрация, когда поражение кариесом почти минимальное, составляет 0,7—1,1 мг/л. Повышенной, но допустимой при отсутствии других источников водоснабжения считают концентрацию фтора 1,1—1,5 мг/л. При этом заболеваемость кариесом зубов минимальная, а легкие формы флюороза наблюдаются у 20% населения. Если концентрация фтора в воде превышает предельно допустимую и составляет 1,5—2 мг/л, заболеваемость кариесом зубов немного выше минимальной, а флюорозом (обычно в легкой форме) поражено 30—40% населения. При высокой концентрации фтора — 2—6 мг/л — заболеваемость кариесом выше минимальной, флюорозом поражено 30—100% населения. Причем у многих людей наблюдается тяжелая его форма (пятна и эрозии эмали коричневого цвета, повышенное стирание и ломкость зубов). У детей часто диагностируют отставание в развитии, окостенении и минерализации костей. При очень высокой концентрации фтора — от 6 до 15 мг/л — заболеваемость кариесом значительно выше минимальной. До 80—100% населения поражено флюорозом, причем преобладают тяжелые формы, сопровождающиеся значительным стиранием и ломкостью зубов. У детей часто наблюдают нару-

шения развития и минерализации костей, у взрослых — изменения в костях подобно остеосклерозу.

Заслуживает внимания тот факт, что фтор имеет очень узкий диапазон физиологических доз. При употреблении воды с содержанием фтора 1,5 мг/л в 20% случаев могут наблюдаться легкие формы флюороза, в то время как при пользовании водой с содержанием фтора 0,7 мг/л и менее повышается заболеваемость кариесом. Указанные обстоятельства делают проблему гигиенического нормирования фтора в воде очень острой.

Нитраты являются постоянными составляющими природных вод. Их гигиеническое значение рассмотрено в подразделе "Эндемическое значение воды" (см. с. 60—62). Напомним, что нитраты являются естественными продуктами аэробного окисления органических азотсодержащих веществ в почве и воде водоемов, что придает им значение санитарно-химических показателей эпидемической безопасности воды. Но нормирование нитратов в питьевой воде основывается не на этом, а на обеспечении безвредности их содержания для здоровья.

Как упоминалось выше, с повышенным содержанием нитратов в питьевой воде связаны: 1) *водно-нитратная метгемоглобинемия* у новорожденных, детей младшего возраста и лиц пожилого возраста; 2) *образование нитрозаминов и нитрозамидов*, обладающих мутагенной и канцерогенной активностью.

О водно-нитратной метгемоглобинеми у младенцев в возрасте до 1 года впервые сообщили Комли в 1945 г. и Уолтон в 1940—1950 гг. В последующие 10—15 лет в разных странах мира было зарегистрировано свыше 1000 случаев этого заболевания у детей раннего возраста. Свыше 100 детей умерли. В Чехословакии было зарегистрировано 115 случаев метгемоглобинеми в результате использования воды с концентрацией нитратов от 70 до 250 мг/л. При этом в 40% случаев наблюдалась легкая форма заболевания, в 52% — тяжелая, а в 8% — с летальными исходами. При углубленном изучении хронического действия субклинических доз нитратов установлено, что метгемоглобинемия легкой степени (концентрация метгемоглобина в крови 5—15%) может развиваться у детей при длительном употреблении воды с содержанием нитратов 50 мг/л.

Кроме водно-нитратной метгемоглобинеми, отрицательное влияние нитратов на здоровье может быть обусловлено тем, что они являются предшественниками нитрозаминов и нитрозамидов, которым свойственны мутагенность и канцерогенное действие. На основании эпидемиологических исследований была обнаружена корреляционная связь между концентрацией нитратов в питьевой воде и заболеваемостью атрофическим гастритом и раком желудка. Высокую заболеваемость раком желудка связывают со значительными концентрациями нитратов в *питьевой воде* — 90 мг/л и более.

Поэтому для профилактики отрицательного воздействия нитратов на здоровье людей, с целью предупреждения возникновения водно-нитратной метгемоглобинеми необходимо, чтобы концентрация нитратов в питьевой воде не превышала 45 мг/л по нитрат-иону (или 10 мг/л по азоту нитратов), что и отражено в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Мышьяк повсеместно содержится в земной коре, откуда его растворимые соединения природным путем попадают в воду подземных и поверхностных водоемов, создавая незначительные концентрации — не выше 0,01 мг/л. Более высокие концентрации характерны для подземных вод, в частности термальных минеральных источников Новой Зеландии. Основной механизм токсического действия мышьяка связан с блокированием тиоловых групп важнейших ферментов, что приводит к нарушению тканевого дыхания и деления клеток. В начальный период интоксикации отмечают потерю аппетита, тошноту, рвоту, чередование поноса и запоров, уменьшение массы тела, выпадение волос, ломкость ногтей, гиперкератоз, головную боль, снижение трудоспособности, расстройства чувствительности. В дальнейшем возможно развитие невритов, параличей, нарушение зрения. Ранним и специфическим симптомом является утолщение рогового слоя кожи ладоней и стоп, вследствие чего отравление называли копытной болезнью. Одним из первых признаков хронического отравления мышьяком можно считать его накопление в волосах. У людей хроническая интоксикация развивалась при длительном употреблении воды с концентрацией мышьяка 1—4 мг/л, сопровождалась накоплением его в волосах в количестве 5—85 мг/кг. В некоторых местностях при концентрации 12 мг/л повышался уровень заболеваемости раком кожи. Подобное явление отмечали в Китае при значительно меньшей концентрации мышьяка — 0,5 мг/л. Согласно расчетам экспертов ВОЗ, воздействие на протяжении всей жизни мышьяка, поступающего с питьевой водой в концентрации 0,2 мг/л, дает 5% риск развития рака кожи. Допустимая суточная доза мышьяка определена на уровне 0,05 мг на 1 кг массы тела, или для взрослого человека с массой тела 60 кг — 3 мг/сут. Что же касается поступления с водой, безопасными для здоровья считают концентрации мышьяка, не превышающие 0,05 мг/л, что и отражено в государственном стандарте на питьевую воду.

Известны случаи отравления *свинцом* вследствие употребления водопроводной воды. В прошлом причинами массового хронического сатурнизма водного происхождения чаще всего служили свинцовые водопроводные трубы и резервуары. Так, в городах Западной Европы во второй половине XX ст. была отмечена вспышка "свинцовой эпидемии". Содержание свинца в воде большинства водоемов незначительно, в пределах 0,001—0,01 мг/л. Высокие концентрации свинца (1—20 мг/л) чаще всего обусловлены использованием свинцовых труб и резервуаров в системах водопровода. Природные воды в районах залегания полиметаллических ископаемых также могут содержать свинец в опасных концентрациях. Свинец, как и другие тяжелые металлы, блокирует сульфгидрильные группы тиоловых ферментов. Наибольшее влияние он оказывает на гидратазу дельта-аминолевулиновой кислоты, что тормозит синтез протопорфирина и в итоге гемоглобина. Хроническая интоксикация свинцом водного происхождения развивается медленно: возникают общая слабость, головная боль, головокружение, неприятный привкус во рту, потеря аппетита, похудение, тремор конечностей, боль в животе, признаки анемии. Со временем возникают парезы, параличи, нарушение гемопоэза, энцефалопатия, анорексия, "свинцовые колики". Существует корреляция между концентрацией

свинца в питьевой воде, если она превышает 0,8 мг/л, и частотой умственной отсталости у детей, смертностью от рака почек и лейкемии. В Глазго в 1972 г. была зарегистрирована хроническая интоксикация вследствие употребления воды с содержанием свинца 2—3 мг/л. Описаны случаи сатурнизма и при концентрации свинца в воде до 1 мг/л. Допустимая суточная доза свинца для взрослого человека — до 0,007 мг/кг, что при массе тела 60 кг составляет 0,42 мг/сут, или 3 мг/нед. Дети, беременные и плод более чувствительны к воздействию свинца. Свинец преодолевает плацентарный барьер и его влияние на развитие плода проявляется в дальнейшем в виде психических расстройств и умственной отсталости у детей. Поступление свинца с водой в организм взрослого человека составляет от 10 до 50% общего суточного количества. Поэтому безопасными для здоровья считаются концентрации свинца в воде до 0,03 мг/л, что и отражено в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду. В целом там, где это возможно, воздействие свинца должно быть сведено к минимуму.

Природные количества *бериллия* в воде очень низкие и не превышают 0,001 мг/л. С водой в организм взрослого человека может поступить до 30% общего суточного количества бериллия. Есть сведения о развитии бериллиевого дерматита, гранулематозных изъязвлений кожи, конъюнктивита в случаях его контакта с кожей и слизистыми оболочками. Бериллий плохо всасывается в пищеварительном канале. Его токсичность при пероральном поступлении очень низкая. В то же время в исследованиях на животных его канцерогенность доказана. По данным Международного агентства по изучению рака, бериллий является потенциальным канцерогеном и для человека, хотя эпидемиологические исследования пока еще не обнаружили корреляционной связи между поступлением бериллия в организм и развитием рака у людей. Учитывая потенциальную канцерогенность бериллия, безопасными для здоровья можно считать лишь очень низкие его концентрации в воде — до 0,0002 мг/л.

Избыток *стронция* является центральным звеном в этиологии урвской болезни (болезни Кашина—Бека), которая была обнаружена еще в середине XIX ст. у жителей Забайкалья (район реки Уров). Эта болезнь достаточно распространена в Читинской, Амурской областях, Северо-Восточном Китае, Таджикистане, на юге Кореи и в некоторых других регионах. Болезнь проявлялась поражением костно-суставного аппарата — искривлением костей, их ломкостью, болью в суставах. Указанные дефекты возникали и у домашних животных. После продолжительных исследований, в конце концов, обнаружили связь этого заболевания с избыточным содержанием в природных водах стронция, являющегося конкурентом кальция. В условиях даже незначительного дефицита кальция именно стронций, который легче усваивается организмом, преимущественно встраивается в костную ткань. Но стронций по сравнению с кальцием быстрее выводится из организма, что вызывает деминерализацию костей. Костная ткань становится крохкой, ломкой, что является причиной остеодеформирующего остеоартроза, особенно межфаланговых и тазобедренных суставов и позвоночного столба. Именно поэтому типичными внешними симптомами урвской болезни являются "медвежья лапа" и "утиная походка". С целью

профилактики урсовой болезни концентрация стронция в воде не должна превышать 7,0 мг/л, что и отражено в государственном стандарте на питьевую водопроводную воду.

Содержание других микроэлементов в разведанных природных водах значительно ниже опасного, установленного в ходе санитарно-токсикологических экспериментов. Эти химические вещества опасны для здоровья людей в связи с техногенным поступлением их в поверхностные и подземные воды, являющиеся источниками водоснабжения. Поэтому они, как и искусственно синтезированные соединения, отнесены к *подгруппе химических веществ, попадающих в воду вследствие промышленного, сельскохозяйственного и бытового загрязнения источников водоснабжения*. К этой подгруппе принадлежат тяжелые металлы (кадмий, ртуть, никель, висмут, сурьма, олово, хром и др.), детергенты (синтетические моющие средства или поверхностно активные вещества), пестициды (ДДТ, ГХЦГ, хлорофос, метафос, 2,4-Д, атразин и т. п.), синтетические полимеры и их мономеры (фенол, формальдегид, капролактан и т. п.). Их содержание в воде должно быть безопасным для здоровья людей и их потомков при постоянном, в течение жизни, употреблении такой воды. Этот уровень должен быть безопасным и для чувствительных групп населения — новорожденных, детей в возрасте до 14 лет, беременных, людей пожилого возраста, лиц с хроническими соматическими заболеваниями. Он должен гарантировать отсутствие не только острых и хронических отравлений, но и неспецифического вредного воздействия, связанного с угнетением общей резистентности организма, обеспечивать сохранение репродуктивного здоровья, гарантировать отсутствие мутагенного, канцерогенного, эмбриотоксического, тератогенного, гонадотоксического воздействия и других отдаленных последствий.

Поскольку методы улучшения качества воды на водопроводных станциях (осветление, обезцвечивание, обеззараживание, специальные методы) не дают возможности снизить концентрации названных выше химических веществ, то уже в воде водоемов их содержание должно быть безопасным для здоровья. Такую концентрацию называют ПДК. Сегодня научно обоснованы и утверждены Министерством здравоохранения свыше 1500 гигиенических нормативов вредных веществ в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Токсические химические вещества с одинаковым лимитирующим показателем вредности при одновременном содержании в воде способны оказывать на организм человека комбинированное действие, следствием которого чаще всего является суммация отрицательных эффектов, то есть аддитивное действие. Чтобы гарантировать сохранение здоровья в условиях комбинированного действия, нужно соблюдать правило суммарной токсичности: сумма соотношений фактических концентраций веществ в воде к их ПДК не должна превышать 1:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где C_1 , C_2 , C_n — фактические концентрации химических веществ в воде (мг/л).

Это правило следует соблюдать при обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1-му и 2-му классам опасности¹ и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности.

Последнюю группу показателей безвредности по химическому составу составляют **вещества, которые добавляют в воду в качестве реагентов** во время ее обработки на водопроводных станциях. Например, с целью осветления и обесцвечивания (уменьшения мутности и цветности) речной воды используют коагуляцию, отстаивание и фильтрацию. В качестве коагулянтов используют соли алюминия. Чаще всего — алюминия сульфат, а также натрия алюминат, алюминия оксихлорид и др. После окончания осветления и обесцвечивания нужно обязательно контролировать в воде **остаточный алюминий**. Нельзя, улучшая органолептические свойства воды (прозрачность, цветность), ухудшать ее химический состав и создавать опасные для здоровья людей концентрации алюминия. В природной воде концентрации алюминия варьируют от 0,001 до 10 мг/л, но чаще всего не превышают нескольких миллиграммов в 1 л. Среднее суточное поступление алюминия в организм человека эксперты ВОЗ оценивают на уровне 88 мг/сут. Преимущественно это алюминий алиментарного происхождения. Если вода содержит алюминий в концентрации 2 мг/л, то в течение суток в организм человека с 3 л такой воды попадет лишь 6 мг алюминия, или 8% общего суточного количества. Алюминий, даже в виде растворимых солей, малотоксичен. Недействующей в хронических опытах на животных оказалась концентрация алюминия в воде на уровне 5 мг/л. Но в последнее время появились сведения о связи между поступлением в организм алюминия и развитием некоторых неврологических расстройств, в частности болезни Альцгеймера. Поэтому безопасными для здоровья считаются концентрации алюминия в воде, не превышающие 0,5 мг/л.

Показатели, характеризующие эпидемическую безопасность воды. Эта группа показателей делится на 3 подгруппы: санитарно-микробиологические, санитарно-паразитологические и санитарно-химические. Они дополняют друг друга, и между ними существует тесная связь. В случае загрязнения воды жидкими и твердыми бытовыми отходами, сточными водами, экскрементами животных и птиц изменяются показатели во всех 3 подгруппах.

Санитарно-микробиологические показатели эпидемической безопасности воды. Критерием безопасности воды в эпидемическом отношении является отсутствие патогенных микроорганизмов — возбудителей инфекционных болезней. Однако даже при современных достижениях микробиологической техники исследование воды на наличие патогенных микроорганизмов — достаточно продолжительный, сложный и трудоемкий процесс. Поэтому такие исследования проводятся не массово, а только в случае неблагоприятной эпидемической ситуации (эпидосложнений), например, при вспышках инфекционных болезней, если есть подозрение на водный путь передачи. В других случаях

Все химические соединения в зависимости от особенностей их токсикологического действия делятся на 4 класса опасности: 1-й — чрезвычайно опасные, 2-й — высоко опасные, 3-й — умеренно опасные, 4-й — малоопасные.

эпидемическую безопасность воды оценивают путем косвенной индикации возможного присутствия возбудителя. Для этого в санитарной практике широко используют два косвенных санитарно-микробиологических показателя — общее микробное число и содержание санитарно-показательных микроорганизмов.

Одним из первых косвенных показателей опасного для здоровья бактериального загрязнения воды был предложен уровень общего количества бактерий (сапрофитов). Многочисленные наблюдения за поверхностными источниками водоснабжения, в которые попали сточные воды населенных пунктов, подтвердили, что существует прямая связь между количеством сапрофитов и степенью бактериального загрязнения. Доказано, что большое количество этих бактерий (сапрофитов) в воде обычно свидетельствует о том, что вода вступила в контакт с загрязнениями, которые могли содержать и патогенные микроорганизмы. При этом считают, что чем больше загрязнена вода сапрофитами, тем выше ее эпидемическая опасность.

К косвенным показателям бактериального загрязнения воды относится **общее микробное число**, то есть общее количество колоний, вырастающих в течение 24 ч при температуре 37 °С при посеве 1 мл воды на 1,5% мясопептонный агар.

Общее микробное число для незагрязненных артезианских вод не превышает 20—30, для незагрязненных шахтных колодцев — 300—400, для чистых открытых водоемов — 1000—1500, для водопроводной воды в случае эффективного ее обеззараживания — 100 колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл. Повышение его может свидетельствовать о высокой возможности наличия в воде патогенных микроорганизмов.

Первые попытки научно обосновать общее микробное число питьевой воды принадлежат Р. Коху. Принимая участие в ликвидации крупной эпидемии холеры в Гамбурге, Роберт Кох установил факт отсутствия вспышки холеры в расположенном неподалеку Альтоне. Он связал этот факт с очисткой речной воды на альтонском водопроводе путем медленной фильтрации. Результаты многочисленных бактериологических исследований, проведенных Р. Кохом, свидетельствуют о том, что вода альтонского водопровода содержала не более 10 сапрофитов в 1 мл. В воде гамбургского водопровода было обнаружено значительно больше микроорганизмов. На этом основании Р. Кох сделал вывод, вода, в которой содержится не более 100 сапрофитов в 1 мл, не содержит патогенных микроорганизмов (в данном случае холерных вибрионов). Уверенности в достоверности результатов своих наблюдений Р. Коху придал тот факт, что они охватили сотни тысяч людей. Дальнейшими исследованиями было подтверждено: питьевая вода безопасна в эпидемическом отношении, если микробное число не превышает 100 в 1 мл. Этот показатель был принят в стандартах многих стран, в том числе в Украине. Российским стандартом на питьевую воду (СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества") предусмотрен показатель микробного числа не более 50 в 1 мл.

Очень важным является обнаружение в воде **бактерий группы кишечной палочки (БГКП)**, которые находятся в испражнениях человека и животных.

К группе кишечной палочки принадлежат бактерии родов *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* и другие представители семейства *Enterobacteriaceae*, то есть грамотрицательные палочки, которые не образуют спор и капсул, сбраживают глюкозу и лактозу с образованием кислоты и газа при температуре 37 °С в течение 24—48 ч и не обладают оксидазной активностью¹. Селективным для БГКП является питательная среда Эндо². На ней БГКП растут в виде темно-красных колоний с металлическим блеском (*E. coli*), красных без блеска, розовых или прозрачных с красным центром или краями колоний.

Наличие БГКП в воде свидетельствует о бывшем фекальном загрязнении и соответственно — о возможной контаминации воды патогенными микроорганизмами кишечной группы. Количественно наличие БГКП характеризуется двумя показателями: индексом БГКП и титром БГКП. Индекс БГКП (коли-индекс) — это количество бактерий группы кишечных палочек в 1 л воды, титр БГКП (коли-титр) — это наименьшее количество исследуемой воды (в миллилитрах), в которой обнаруживается хотя бы одна БГКП.

В зависимости от цели и объекта исследования к санитарно-показательным БГКП предъявляют разные требования.

При исследованиях воды, предназначенной для непосредственного употребления потребителями, которая должна быть эпидемически безопасной, необходимо гарантировать полное отсутствие патогенных микроорганизмов, и поэтому следует как можно полнее учесть наличие всех представителей БГКП. Поэтому во время исследований воды, которая должна быть эпидемически безопасной по своей природе или стала такой после обеззараживания, учитывают БГКП, которые сбраживают глюкозу и лактозу или только глюкозу до кислоты и газа при температуре 37 °С и не обладают оксидазной активностью³. Так определяют коли-индекс и коли-титр водопроводной воды, воды после обеззараживания (хлорирование, озонирование), артезианской и межпластовой напорной воды, колодезной воды.

Многолетний опыт свидетельствует, что вода безопасна в эпидемическом отношении, если ее коли-индекс не превышает 3 (коли-титр не менее 300). При таком коли-индексе не зарегистрировано ни одного случая водной эпидемии, что можно объяснить таким образом. Доказано, что в фекалиях больных кишечными инфекциями соотношение патогенных микроорганизмов и кишечных палочек составляет 1:10. В сточных водах и воде открытых водоемов это соотношение составляет 1:100—1:1000, т. е. отклоняется в сторону увеличения более стойких в окружающей среде БГКП. При коли-индексе 3 с физиологической суточной нормой воды 3 л в организм человека теоретически может поступить лишь 9 БГКП. В таком случае при соотношении между патогенными микроорганизмами и кишечной палочкой (1:10) попадание в организм хотя бы одного возбудителя кишечных инфекций почти невозможно.

Водные микроорганизмы семейства *Pseudomonadaceae* отличаются от БГКП тем, что не сбраживают лактозу и в оксидажном тесте являются положительными.

Среда Эндо содержит агар, лактозу, натрия сульфит и основной фуксин; рН среды 7,4.

БГКП, которые сбраживают лактозу до кислоты и газа при температуре 37 °С за 24 ч, называют коли-формными бактериями.

*Кроме того, для каждого патогенного микроорганизма существует инфицирующая доза, т. е. то наименьшее количество возбудителей данного штамма, которое способно вызвать инфекционный процесс в организме человека. В опытах на волонтерах установлено, что для сальмонелл брюшного тифа она составляет 10^5 , для холерного вибриона — 10^6 – 10^8 , для энтеропатогенных кишечных палочек (*E. coli* 0124) — 10^8 , шигелл дизентерии — 10 – 100 бактерий, т. е. попадание в организм человека лишь одного возбудителя кишечной инфекции в большинстве случаев не способно привести к развитию инфекционного заболевания.*

Таким образом, питьевая вода должна иметь коли-индекс не выше 3, что и отражено в стандартах многих стран, в том числе и в Украине. Российским стандартом на питьевую воду (СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества") предусмотрен более жесткий норматив: общие коли-формные бактерии не должны обнаруживаться в 100 мл воды (при определении проводят трехкратное исследование по 100 мл отобранной пробы воды).

Для оценки возможности и уровня фекального загрязнения воды открытых водоемов, случайного вторичного загрязнения водопроводной воды (в сети или водоразборной колонке), особенно при неблагоприятной эпидемической ситуации, а также для характеристики уровня загрязнения хозяйственно-бытовых сточных вод и почвы определяют содержание БГКП, которые способны сбраживать глюкозу и лактозу при повышенной температуре (43 – 44 °C) за 24 ч. Их называют термотолерантными кишечными палочками. БГКП, которые способны сбраживать глюкозу и лактозу или только глюкозу до кислоты и газа при температуре 43 – $44,5$ °C за 24 ч, свидетельствуют о неопределяемом во времени фекальном загрязнении. Показателями свежего фекального загрязнения является БГКП, которые сбраживают лактозу до кислоты и газа при температуре 43 – $44,5$ °C за 24 ч¹.

Санитарно-химические показатели эпидемической безопасности воды свидетельствуют прежде всего о наличии в воде органических веществ и продуктов их разрушения. Органические вещества, являющиеся природными продуктами жизнедеятельности теплокровных животных и человека, это субстраты существования как сапрофитов кожи и слизистых оболочек, так и патогенных микроорганизмов. Поэтому повышенные уровни органического загрязнения воды опосредованно свидетельствуют о возможности ее эпидемической опасности.

Перманганатная окисляемость — это количество кислорода (в миллиграммах), которое необходимо для химического окисления легкоокисляющихся органических и неорганических веществ (солей двухвалентного железа, сероводорода, аммонийных солей, нитритов и т. д.), содержащихся в 1 л воды. Окислителем при определении этого показателя является перманганат калия, чем и обусловлено название показателя.

Наименьшую перманганатную окисляемость имеет артезианская вода — до 2 мг O_2 на 1 л. С повышением интенсивности окрашивания воды перманганатная окисляемость возрастает. В грунтовых водах этот показатель достигает

БГКП, которые сбраживают лактозу до кислоты и газа при температуре 43 – $44,5$ °C за 24 ч, называют фекальными коли-формными бактериями.

2—4 мг O_2 на 1 л, в воде открытых водоемов может быть 5—8 мг O_2 на 1 л и более. Повышение перманганатной окисляемости воды выше названных величин свидетельствует о возможном загрязнении источника воды легкоокисляющимися веществами минерального или органического происхождения.

Выделяют также *бихроматную окисляемость*, или *химическое потребление кислорода (ХПК)*. ХПК — это количество кислорода (в миллиграммах), необходимое для химического окисления всех органических и неорганических восстановителей, которые содержатся в 1 л воды. Окислителем при определении этого показателя является калия бихромат. Чистые подземные воды имеют ХПК в пределах 3—5 мг/л, поверхностные — 10—15 мг/л.

Биохимическое потребление кислорода (ВПК) — это количество кислорода (в миллиграммах), необходимое для биохимического окисления (за счет жизнедеятельности микроорганизмов) органических веществ, которые содержатся в 1 л воды, при температуре 20 °С на протяжении 5 сут (БПК₅), или 20 сут (БПК₂₀). БПК₂₀ еще называется полной БПК (БПК_{пол}).

Чем более загрязнена вода органическими веществами, тем выше ее БПК. БПК₅ в воде очень чистых водоемов меньше 2 мг O_2 /л, в воде относительно чистых водоемов — 2—4 мг O_2 /л (БПК₂₀ 3—6 мг O_2 /л), в воде загрязненных водоемов — свыше 4 мг O_2 /л (БПК₂₀ свыше 6 мг O_2 /л).

Растворенный кислород. Под растворенным кислородом воды подразумевают количество кислорода, содержащееся в 1 л воды. Определение показателя растворенного в воде кислорода имеет значение для характеристики санитарного режима открытых водоемов. Кислород воздуха диффундирует в воду и растворяется в ней. Некоторое количество кислорода образуется вследствие жизнедеятельности хлорофильных водорослей. Количество кислорода, которое может раствориться в воде, увеличивается с возрастанием атмосферного давления и снижением температуры.

Наряду с обогащением воды кислородом, он расходуется на биохимическое окисление органических веществ, находящихся в воде, то есть на процессы самоочищения водоема, а также на дыхание аэробных гидробионтов, в частности рыб. Чтобы не нарушались процессы самоочищения, не гибли гидробионты, содержание кислорода в воде водоема должно быть не менее 4 мг/л. При попадании в водоем сточных вод, содержащих большое количество органических веществ, растворенный кислород расходуется на их окисление. То есть в случае загрязнения воды органическими веществами значительно повышается БПК и уменьшается содержание растворенного кислорода. К уменьшению содержания растворенного кислорода приводит также бурное развитие водорослей с дальнейшим их отмиранием, что наблюдается при эвтрофикации водоемов вследствие чрезмерного поступления биогенных веществ, в частности компонентов минеральных удобрений в составе поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий. Таким образом, в загрязненных водоемах уровень насыщения воды кислородом ниже, чем в чистых.

Хлориды относятся к химико-органолептическим показателям качества воды. В то же время, принимая во внимание большое количество хлоридов в моче и поте человека и животных и, как следствие, в хозяйственно-бытовых

сточных водах, жидких бытовых отходах, сточных водах животноводческих и птицеводческих комплексов, поверхностных стоках с пастбищ и т. п., их содержание также используют как косвенный санитарно-химический показатель эпидемической безопасности воды. Кроме того, хлориды могут поступать в водоемы со сточными водами промышленных предприятий, например металлургических, т. е. не иметь ничего общего с возможным одновременным органическим и бактериальным загрязнением. Для оценки происхождения хлоридов следует учитывать характер водного источника, их содержание в воде соседних однотипных водных источников, а также другие показатели загрязнения воды. Какое-либо изменение концентрации хлоридов, особенно в воде подземных источников, может свидетельствовать об их загрязнении.

Азот аммонийных солей, нитритов, нитратов. Источником азота в природных водах являются разложившиеся белковые остатки, трупы животных, моча, фекалии. В результате процессов самоочищения водоема сложные азотсодержащие белковые соединения и мочевины минерализуются с образованием аммонийных солей, которые в дальнейшем окисляются сначала до нитритов и, наконец, — до нитратов. Также происходит и самоочищение водоема от органических азотсодержащих загрязняющих веществ, попадающих в водоем в составе различных сточных вод и поверхностного стока.

В чистых природных водах поверхностных и подземных водоемов содержание азота аммонийных солей находится в пределах 0,01—0,1 мг/л. Нитриты как промежуточный продукт дальнейшего химического окисления аммонийных солей содержатся в природной воде в очень незначительных количествах — 0,001—0,002 мг/л. Если их концентрация превышает 0,005 мг/л, то это является важным признаком загрязнения источника.

Нитраты являются конечным продуктом окисления аммонийных солей. Наличие их в воде при отсутствии аммиака и нитритов свидетельствует о сравнительно давнем попадании в воду азотсодержащих веществ, которые успели минерализоваться. В чистой природной воде содержание азота нитратов не превышает 1—2 мг/л. В грунтовых водах может наблюдаться высокое содержание нитратов вследствие их миграции из почвы в случае ее органического загрязнения. Интенсивное использование азотных удобрений также приводит к повышению содержания нитратов в грунтовых водах. Необходимо учитывать, что в глубоких подземных водах могут происходить процессы восстановления нитратов до нитритов и аммонийных солей.

Появление данных соединений в воде может свидетельствовать о загрязнении источника и о том, что одновременно с этими веществами в воду могли попасть патогенные микроорганизмы. Именно поэтому аммонийные соли, нитриты и нитраты считают косвенными санитарно-химическими показателями эпидемической безопасности воды.

Завершая рассмотрение показателей этой подгруппы, следует еще раз подчеркнуть, что в отдельных случаях изменение каждого санитарно-химического показателя может иметь другую природу, не связанную с антропогенным (техногенным) загрязнением воды. Например, повышение БПК может обуславливаться органическими веществами растительного происхождения в резуль-

тате отмирания водорослей. Очевидно, признать воду загрязненной можно лишь при таких условиях: 1) в воде повышаются не один, а несколько санитарно-химических показателей (исключение составляет растворенный кислород, содержание которого при загрязнении снижается); 2) в воде одновременно с изменениями санитарно-химических показателей обнаружено повышение микробного числа и индекса БГКП; 3) возможность загрязнения подтверждается данными санитарного обследования.

Стандартизация качества питьевой водопроводной воды. Научное обоснование гигиенических требований и нормативов качества питьевой воды является основанием для разработки и утверждения официальных нормативных документов (государственных стандартов, санитарных правил и норм), внедрение которых в практику водоснабжения населения является одним из важнейших профилактических мероприятий. Стандартизация качества питьевой воды имеет глубокие исторические корни. Основания для признания воды безопасной для здоровья населения изменялись с накоплением знаний, особенно в сфере медицины и биологии. На протяжении столетий был пройден сложный путь от простой органолептической оценки по внешним признакам до разработки современных гигиенических принципов нормирования и стандартов качества питьевой воды.

Одними из первых стандартов качества питьевой водопроводной воды в мире были принятый в 1914 г. в США федеральный стандарт качества воды и нормы состава питьевой воды, разработанные Медицинским советом в России в 1916 г. Стандарты качества питьевой воды в СССР систематически (1937, 1939, 1945, 1954, 1973, 1982 гг.) пересматривались. Первый Международный стандарт качества питьевой воды был разработан экспертами ВОЗ в 1958 г., а Европейский стандарт — в 1961 г. В период 1978—1982 гг. на смену Международному и Европейскому стандартам под эгидой ВОЗ было разработано "Руководство по контролю качества питьевой воды", пересмотренное в 1994 г. Нормативы, приведенные в "Руководстве...", носят рекомендательный характер и используются в качестве ориентира при разработке национальных стандартов во многих странах мира.

Последним стандартом, регламентирующим качество питьевой воды в СССР, был ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством". В настоящее время в России, Украине и других странах СНГ разработаны и утверждены новые национальные стандарты, учитывающие рекомендации ВОЗ и современные данные о влиянии отдельных ингредиентов питьевой воды на здоровье населения.

Сравнительная характеристика показателей качества питьевой воды по различным стандартам приведена в табл. 4—8.

Современные санитарные правила и нормы¹ (далее — СанПиН) регламентируют гигиенические требования к качеству питьевой воды, подаваемой

СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества" (Российская Федерация), ДсанПиН "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" (Україна).

ТАБЛИЦА 4

Показатели эпидемической безопасности питьевой воды

Показатель, единица измерения	Норматив	
	ГОСТ 2874-82	СанПиН
<i>Микробиологические</i>		
Количество бактерий в 1 мл воды (общее микробное число, ОМЧ), КОЕ/мл	Не более 100	Не более 100*
Количество бактерий группы кишечных палочек (колиформных микроорганизмов), т. е. индекс БГКП, КОЕ/л	Не более 3	Не более 3 **
Количество термостабильных кишечных палочек (фекальных коли-форм), т. е. индекс ФК, КОЕ/100 мл	—	Отсутствуют ***
Количество патогенных микроорганизмов, КОЕ/л	—	Отсутствуют ***
Количество коли-фагов, БОЕ/л	—	Отсутствуют ***
<i>Паразитологические</i>		
Количество патогенных кишечных простейших (клетки, цисты) в 25 л воды	—	Отсутствуют
Количество кишечных гельминтов (клетки, яйца, личинки) в 25 л воды	—	Отсутствуют

* Для 95% проб воды в водопроводной сети, исследуемой в течение года.

** Для 98% воды, поступающей в водопроводную сеть и исследуемой в течение года. При превышении индекса БГКП на этапе идентификации выросших колоний дополнительно исследуют на наличие фекальных коли-форм.

*** Если обнаружены фекальные коли-формы в 2 последовательно отобранных пробах, следует в течение 12 ч начинать исследование воды на наличие возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной или вирусной этиологии (по эпидситуации).

централизованными системами хозяйственно-питьевого водоснабжения и предназначенной для потребления населением в питьевых и бытовых целях, для использования в процессах переработки продовольственного сырья и производства пищевых продуктов, их хранения и торговли, а также для производства продукции, требующей применения воды питьевого качества, независимо от типа источника водоснабжения (поверхностный, подземный), системы обработки воды на водопроводной станции и количества потребителей. Этим гигиеническим требованиям должна соответствовать вода перед поступлением в водораспределительную сеть, а также в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети, т. е. питьевая водопроводная вода, которую население будет брать или из кранов в помещениях жилых и общественных зданий, или из уличных водоразборных устройств (колонок).

В СанПиН по сравнению с ГОСТом 2874-82 увеличено количество показателей, по которым контролируется качество питьевой воды. Расширен перечень микробиологических показателей эпидемиологической безопасности за счет количества термотолерантных колиформных бактерий, спор сульфитредуцирующих клостридий и коли-фагов (см. табл. 4). В случае их обнаружения в повторно взятых пробах воды, а также по эпидемиологическим показаниям

ТАБЛИЦА 5

**Токсикологические показатели безвредности химического состава
питьевой воды**

Показатель	Норматив (не более), мг/л	
	ГОСТ 2874-82	СанПиН
<i>Неорганические компоненты</i>		
Алюминий	0,5	0,2 (0,5) *
Барий	—	0,1
Бериллий	0,0002	—
Молибден	0,25	—
Мышьяк	0,05	0,01
Полиакриламид остаточный	2,0	—
Селен	0,001	0,01
Свинец	0,03	0,01
Стронций	7,0	—
Никель	—	0,1
Нитраты	45,0	45,0
Фтор: I—II климатический пояс	1,5	1,5
III климатический пояс	1,2	
IV климатический пояс	0,7	
<i>Органические компоненты</i>		
Тригалогенметаны (ТГМ, сумма)	—	0,1
Хлороформ	—	0,06
Дибромхлорметан	—	0,01
Тетрахлоруглерод	—	0,002
Пестициды (сумма)	—	0,0001 "
<i>Интегральные показатели</i>		
Перманганатная окисляемость	—	4,0
Общий органический углерод	—	3,0

* Величина, указанная в скобках, допускается при обработке воды реагентами, содержащими алюминий.

Перечень пестицидов, которые подлежат контролю, устанавливают с учетом конкретной ситуации.

проводятся исследования по определению патогенных бактерий кишечной группы и энтеровирусов, обязательным является определение паразитологических показателей, в частности цист лямблий (см. табл. 4).

Введены новые показатели безвредности воды по химическому составу (см. табл. 5): интегральные (окисляемость перманганатная, общий органический углерод), а также содержание в питьевой воде бария, бора, кадмия, никеля, ртути, хрома, цианидов, пестицидов (суммарно, а также отдельных веществ с учетом конкретной ситуации).

В перечень токсикологических показателей безвредности химического состава питьевой воды введены тригалометаны (ТГМ), самым опасным среди которых является хлороформ. В 1994 г. Международными нормами рекомендовано предельное содержание в воде суммы ТГМ на уровне 0,2 мг/л и хлороформа — на уровне 0,03 мг/л. По данным экспертов ВОЗ, ежедневное употребление 2 л такой воды на протяжении 70 лет жизни может привести к

ТАБЛИЦА 6

Органолептические показатели качества питьевой воды

Показатель, единица измерения	Норматив (не более)	
	ГОСТ 2874-82	СанПиН
<i>Физико-органолептические</i>		
Запах, баллы	2	2*
Мутность, мг/л	1,5	0,5(1,5)"
Цветность, градусы	20	20 (35) ***
Привкус, баллы	2	2*
<i>Химико-органолептические</i>		
Водородный показатель, pH	6,0—9,0	6,5—8,5
Железо, мг/л	0,3(1,0)	0,3
Жесткость общая, мг-экв/л	7,0(10,0)	7,0(10,0)
Сульфаты, мг/л	500	250(500)
Сухой остаток (минерализация общая), мг/л	1000(1500)	1000(1500)
Полифосфаты остаточные, мг/л	3,5	—
Хлориды, мг/л	350	250 (350)
Медь, мг/л	1,0	1,0
Марганец, мг/л	0,1	0,1
Цинк, мг/л	—	—
Хлорфенолы, мг/л	—	0,0003

* Показатель разведения, ПР (до исчезновения запаха, привкуса).

** Нефелометрические единицы мутности, НЕМ.

*** Указанные в скобках величины допускаются с учетом конкретной ситуации.

ТАБЛИЦА 7

Показатели радиационной безопасности питьевой воды

Показатель	Норматив (не более), Бк/л	
	ГОСТ 2874-82	СанПиН
Общая α-радиоактивность	—	0,1
Общая β-радиоактивность	—	1,0

Примечание. Для особых регионов нормативы радиационной безопасности питьевой воды согласовываются с Главным государственным санитарным врачом Украины.

ТАБЛИЦА 8

Показатели физиологической полноценности минерального состава питьевой воды

Показатель, единица измерения	Норматив	
	ГОСТ 2874-82	СанПиН
Минерализация общая, мг/л	—	От 100,0 до 1000,0
Жесткость общая, мг-экв/л	—	От 1,5 до 7,0
Щелочность общая, мг-экв/л	—	От 0,5 до 6,5
Магний, мг/л	—	От 10,0 до 80,0
Фтор, мг/л	—	От 0,7 до 1,5

возникновению одного дополнительного случая новообразования на 100 тыс. лиц. Определение ТГМ является обязательным при обеззараживании воды хлором. Согласно требованиям ВОЗ, соблюдение нормативов содержания ТГМ не должно быть достигнуто за счет ухудшения обеззараживания.

Расширен перечень подлежащих контролю химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения. Кроме остаточного, свободного и связанного хлора, остаточного озона, полиакриламида и полифосфатов предусматривается определение хлороформа (при хлорировании воды), формальдегида (при озонировании), активированной кремнекислоты, остаточных количеств алюминия, — железосодержащих коагулянтов.

Предусматривает ежечасный контроль за остаточными количествами дезинфектантов в воде в процессе ее обеззараживания на водопроводной станции. Концентрация должна составлять: остаточного свободного хлора — в пределах 0,3—0,5 мг/л при продолжительности контакта не менее 30 мин, остаточного связанного хлора — в пределах 0,8—1,2 мг/л при продолжительности контакта не менее 60 мин. При одновременном присутствии в воде свободного и связанного хлора их общая концентрация не должна превышать 1,2 мг/л. Содержание остаточного озона должно быть в пределах 0,1—0,3 мг/л при продолжительности контакта не менее 12 мин.

Внесены изменения в группу органолептических показателей: предложены новые единицы измерения, введен показатель содержания фенолов (фенольный индекс), нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ (табл. 6).

Вода не должна содержать не обозначенных в табл. 5 и 6 токсичных соединений и химических веществ, способных изменять ее органолептические свойства, в концентрациях, превышающих предел стандартного аналитического метода определения. Кроме того, принимая во внимание достаточно разнообразный природный состав воды в источниках водоснабжения разных регионов, для водопроводов, где не предусмотрена специальная обработка воды, допускают более мягкие нормативы цветности, мутности, общей минерализации, жесткости, содержания железа, марганца, сульфатов и хлоридов, указанные в скобках (см. табл. 6). Вопросы относительно применения таких нормативов с учетом конкретной ситуации решает только Главный государственный санитарный врач в ответ на запрос регионов.

Впервые в самостоятельную группу выделены показатели радиационной безопасности (см. табл. 7). Идентификация присутствующих в воде радионуклидов и измерение их индивидуальной концентрации проводят при превышении нормативов общей активности. Оценку обнаруженных концентраций проводится в соответствии с требованиями норм радиационной безопасности. Так, допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в питьевой воде не должны превышать 2 Бк/л каждый.

Показатели физиологической полноценности минерального состава питьевой воды (см. табл. 8), характеризующие адекватность минерального состава биологическим потребностям организма человека, основываются на целесооб-

разности учета не только максимально допустимых, но и минимально необходимых уровней ряда биогенных элементов.

Учитывая необходимость при подозрении на загрязнение воды неизвестными токсическими соединениями в достаточно сжатые сроки установить степень ее токсичности, предусмотрено применение метода биотестирования с использованием дафний, инфузорий или других тест-объектов с дальнейшим расчетом индекса токсичности воды (не должен превышать 50%).

Методика оценки качества воды по данным санитарного обследования и результатам лабораторного исследования (методика "чтения" анализа воды). Имея представление о качестве воды, врач может предложить мероприятия по профилактике инфекционных и неинфекционных болезней, передающихся через воду. Для этого врач должен уметь интерпретировать анализы воды, то есть давать заключение о ее качестве. Методика (алгоритм) "чтения" анализа воды состоит из 7 этапов¹.

На *первом этапе* врач должен установить тип требований к качеству воды. Различают 4 основных типа таких требований.

Первый тип — это требования к качеству питьевой воды при централизованном хозяйственно-питьевом водоснабжении. Качество должно соответствовать показателям действующего стандарта на питьевую воду (ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством", СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества" (Российская Федерация), ДсанПін "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання" (Україна).

Второй тип — это требования к качеству колодезной (родниковой) воды. Она должна также быть качественной и отвечать нормам "Санитарных правил по устройству и содержанию колодцев и каптажей родников, используемых для децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения" № 1226-75.

Третий тип — это требования к качеству воды источников (подземных и поверхностных) централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Требования к качеству воды источников централизованного водоснабжения регламентируются ГОСТом 2761-84 "Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора".

Четвертый тип — это требования к качеству горячей воды, которая должна отвечать нормам "Санитарных правил проектирования и эксплуатации систем централизованного горячего водоснабжения" № 2270-80.

На *втором этапе* врач должен определить задачи, стоящие перед ним. А именно: дать заключение о качестве питьевой водопроводной воды, оценить качество и эффективность водоподготовки на сооружениях водопроводной станции, установить причину кариеса или флюороза, причину развития у детей и

Детально методика чтения анализа воды и примеры написания заключения приведены в "Руководстве к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене" под редакцией Е.И. Гончарука (М.: Медицина, 1990.— 416 с).

людей пожилого возраста метгемоглобинемии, выяснить причину той или иной инфекции водного происхождения, определить отношение влияния на качество питьевой воды новых реагентов, используемых на водопроводных станциях, или новых полимерных материалов, из которых изготовлены конструкции водоочистных сооружений или водопроводные трубы, и т. п.

На *третьем этапе* врач определяет программу и объем лабораторных исследований. Для заключения о качестве питьевой воды, отобранной из крана или уличной водоразборной колонки, должны быть исследованы физико-органолептические (запах, вкус и привкус, цветность, мутность) и санитарно-микробиологические (микробное число и коли-индекс) показатели. Для заключения о качестве колодезной воды необходимо исследовать физико-органолептические (запах, вкус и привкус, цветность, прозрачность), санитарно-микробиологические (микробное число и коли-индекс) показатели и азот нитратов. Кроме того, в программу целесообразно включить исследования химико-органолептических (сухой остаток, общая жесткость, содержание железа, активная реакция), санитарно-химических (перманганатная окисляемость, содержание нитритов и аммиака) показателей. Определяют также содержание фторидов. Для выяснения возможной причины кариеса или флюороза следует определить содержание фтора в питьевой воде, водно-нитратной метгемоглобинемии — концентрацию нитратов, инфекционного заболевания — провести бактериологические или вирусологические исследования, влияние полимерных материалов — соответствующие химические анализы и др.

На *четвертом этапе* врач проверяет полноту представленных материалов и обращает внимание на правильность отбора проб и сроки выполнения исследований.

Если проба воды взята на водопроводной станции или из водоразборной колонки либо шахтного колодца, должны быть приведены данные санитарного (санитарно-топографического, санитарно-технического, санитарно-эпидемиологического) обследований и результаты лабораторного анализа воды в соответствии с программой исследований.

Если проба воды отобрана из водопроводного крана, должны быть приведены результаты лабораторного анализа воды в соответствии с конкретной программой исследований.

Каждая проба воды, поступающая в лабораторию, должна иметь сопроводительный документ, в котором указывают: 1) наименование пробы; 2) место взятия пробы (адрес); 3) если проба отобрана из водного источника, то его характеристику (тип, глубина, средства водоподъема, санитарное состояние окружающей территории); 4) состояние погоды при отборе пробы и в течение 10 предыдущих дней, силу и направление ветра для открытых водоемов; 5) цель отбора пробы; 6) необходимый объем исследований; 7) дату и время отбора пробы; 8) данные исследований, выполненных при отборе пробы; 9) должность, фамилию и подпись лица, отбравшего пробу.

Бактериологические исследования должны быть проведены в течение 2 ч после отбора пробы или при условии сохранения в холодильнике при температуре 1—8 °С — не позднее чем через 6 ч. Физико-химический анализ проводят

в течение 4 ч после отбора пробы или при условии сохранения в холодильнике при температуре 1–8 °С—не позже чем через 48 ч.

На **пятом этапе** врач анализирует предоставленные материалы и делает необходимые выводы по данным санитарного обследования.

Санитарно-топографическое обследование является незаменимым методом гигиенической оценки источника водоснабжения, водопроводной станции, водоразборных колонок, колодцев и т. п. Начинают с изучения материалов о геологическом строении местности, определяют рельеф местности, глубину залегания грунтовых вод, характер почвы. При этом обследуют территорию вокруг источника, чтобы выявить объекты, загрязняющие почву, места выпуска сточных вод, определяют расстояние от потенциальных источников загрязнения и их характеристику.

Во время санитарно-технического обследования осматривают источник водоснабжения, водозаборное устройство, обращают внимание на правильность оборудования и эксплуатации артезианской скважины, шахтного колодца, уличной водоразборной колонки, их оснащение. Определяют возможность проникновения загрязнений в воду источника или в подземные воды, которые питают его.

Санитарно-эпидемическое обследование источников водоснабжения проводят с целью определения эпидемиологического состояния района, в котором размещен водный источник, выявления больных и носителей тех инфекционных заболеваний, которые могут передаваться через воду, наличия в этой местности эпизоотии среди животных и др.

На основании данных санитарного обследования врач делает предварительное заключение: есть ли причины подозревать, что вода может быть загрязненной, некачественной, эпидемически опасной; есть ли условия для загрязнения воды в источнике водоснабжения, колодце, водоразборной колонке.

На **шестом этапе** врач анализирует данные лабораторного исследования воды по каждой группе показателей (отдельно) и делает выводы.

Анализ показателей лабораторного исследования воды проводят в такой последовательности: 1) физико-органолептические; 2) химико-органолептические; 3) показатели, характеризующие безвредность химического состава; 4) санитарно-микробиологические; 5) санитарно-химические.

На основании результатов лабораторного исследования воды дают качественную и количественную оценку. Например, общая жесткость воды составляет 9 мг-экв/л. В заключении указывают: "Вода жесткая с общей жесткостью выше нормы 7 мг-экв/л". Если сухой остаток воды составляет 750 мг/л, то отмечают: "Вода пресная, так как сухой остаток — до 1000 мг/л, но повышенной минерализации". Если запах интенсивностью 2 балла, привкус — 2 балла, прозрачность — 30 см, мутность — 1,5 мг/л, цветность — 20°, заключение будет таким: "Вода без запаха, без привкуса, прозрачная, бесцветная, таким образом, имеет хорошие органолептические свойства и по этой группе показателей отвечает требованиям государственного стандарта (СанПиН)".

На **седьмом этапе** врач составляет общее заключение о качестве воды в соответствии с задачей и при необходимости дает рекомендации по улучшению ее качества.

Гигиеническое обоснование норм водопотребления в населенных пунктах

Гигиенические требования касаются не только качества воды, подаваемой населению, но и ее количества. Только при условии достаточного количества доброкачественная питьевая вода способна удовлетворить физиологические потребности, препятствовать распространению инфекционных и неинфекционных болезней, обеспечивать высокий уровень личной гигиены, санитарно-бытовых условий и общего санитарного благоустройства населенного пункта.

Воду расходуют в населенных пунктах для различных целей, однако прежде всего для питья и хозяйственно-бытовых целей в жилых и общественных зданиях (школах, детских дошкольных заведениях, лечебно-профилактических учреждениях, культурно-массовых и спортивно-массовых заведениях, предприятиях общественного питания и т. п.), а также для санитарно-бытовых потребностей работников промышленных и сельскохозяйственных объектов. Кроме того, на многих промышленных предприятиях для производственных целей также требуется питьевая вода. Это, в частности, предприятия пищевой промышленности — молокозаводы, мясокомбинаты, кондитерские фабрики, заводы безалкогольных напитков и т. п. Для некоторых производств (фармацевтического, текстильного, микробиологического синтеза и т. п.) требуется вода специального качества, например стерильная, апиrogenная, умягченная, деионизированная, дистиллированная. Ее получают из питьевой водопроводной воды путем дополнительной обработки. Определенные технологические потребности в воде существуют и на самих водопроводах (например, для промывания быстрых фильтров, приготовления растворов коагулянтов и дезинфектантов и т. п.). В каждом населенном пункте обязателен запас воды для тушения пожаров. Большое количество водопроводной воды расходуется для мытья улиц и полива зеленых насаждений в теплую пору года, для работы фонтанов и орошения теплиц. Несмотря на исключительное значение воды в поддержании жизни, физиологическая потребность в ней невелика. Значительно больше воды используют на нужды общей гигиены. По расчетам А.Н. Марзеева и В.М. Жаботинского, выполненным еще в 50-х годах XX ст., в среднем для умывания трижды в день требуется 5 л, для ежедневного гигиенического душа — 25 л, для принятия ванны 1 раз в неделю — 250 л, на приготовление еды расходуют 5 л, на мытье полов — 1 л на 1 м³ (в среднем 10 л/сут), для промывания ватер-клозета трижды в сутки — 18 л. Подсчитав среднюю повторяемость указанных операций на протяжении суток и недели, пришли к выводу, что минимальная норма водоснабжения только для удовлетворения питьевых и санитарно-бытовых потребностей человека должна быть не менее 150 л/сут. Если учесть все другие потребности и принять во внимание современный значительно более высокий уровень санитарного благоустройства, следует признать абсолютно обоснованной удельную норму водопотребления в городах — 600 л/сут, в сельской местности — 150 л/сут на 1 жителя (СНиП 2.04.02-84 "Водоснабже-

ние, наружные сети и сооружения"). Указанная ориентировочная норма водопотребления предусматривает затраты воды на хозяйственно-питьевые потребности в жилых и общественных сооружениях, потребности местной промышленности, уборку улиц и полив зеленых насаждений. Эта норма может изменяться на 10—20% в зависимости от климатических и других местных условий, а также от степени благоустройства. Если в населенном пункте есть крупные промышленные предприятия, которым необходима для производственных потребностей питьевая вода, норму увеличивают на 25%. С учетом промышленного водопользования она составляет в больших городах 750 л/сут на 1 жителя.

Суточные затраты воды, которые зависят от многих факторов, прежде всего обусловлены видом водоснабжения. Различают два вида водоснабжения: централизованное (водопроводное) и децентрализованное (местное). В условиях централизованного водоснабжения воду подают потребителям через водопровод. Это комплекс инженерных сооружений, предназначенный для забора воды из источника водоснабжения (поверхностного или подземного), обработки для доведения ее качества до требований действующего стандарта на питьевую воду, подачи питьевой воды к местам использования и распределения ее между водопользователями сетью трубопроводов. При этом конкретные потребители имеют возможность брать воду или из уличных водоразборных устройств (колонок), или из водопроводных кранов, если дом подключен к водопроводной сети, т. е. при наличии внутреннего водопровода. В случае местного водоснабжения потребитель берет воду непосредственно из источников при помощи водозаборного сооружения, например, грунтовую воду — из шахтных колодцев, родниковую — из каптажей. Такой способ водоснабжения широко распространен в сельской местности.

Зависимость водопотребления от вида водоснабжения демонстрируют следующие данные. В Украине в условиях централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, которым в начале XXI ст. было обеспечено более 80% населения, удельное водопотребление достигло в среднем 370 л/сут на 1 человека. Среднесуточное потребление воды в расчете на 1 жителя Киева составляло 410—450 л/сут. В то же время сельские жители при местном водоснабжении потребляли лишь 30—40 л/сут на каждого.

Общее суточное водопотребление (Q) в населенном пункте рассчитывают по формуле:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

где Q_1 — суточные затраты воды на хозяйственно-питьевые и бытовые потребности в жилых и общественных зданиях. Они зависят от степени благоустройства с учетом коэффициента суточной неравномерности; Q_2 — затраты воды на перспективу развития населенного пункта (15% от Q_1 и Q_3); Q_3 — затраты воды на производственные потребности промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Определяют на основании технологических данных. При их отсутствии принимают равными 25% от затрат, рассчитанных, исходя из удельного водопотребления. Q_4 — затраты воды для домов отдыха, санатор-

**Нормы хозяйственно-питьевого водоснабжения
в населенных пунктах (ДБН 360-92)**

Степень благоустройства районов	Среднесуточная (за год) норма хозяйственно-питьевого водоснабжения на жителя физико-географических районов, л		
	Полесье, Западная лесостепь	Лесостепь	Степь
Водопровод, канализация, централизованное горячее водоснабжение	280	290	300
Водопровод, канализация, местные водонагреватели	200	210	230

но-туристических комплексов, детских лагерей, не учтенных в Q_5 ; Q_5 — затраты воды для полива зеленых насаждений и мытья улиц; Q_6 — затраты воды на тушение пожаров; Q_7 — дополнительные затраты воды с учетом местных особенностей, в частности климатических условий. Принимают в размере 10—20% от Q_1 . При наличии в населенном пункте централизованной системы горячего водоснабжения до 40% воды от общих затрат поступает потребителям через отдельную сеть.

Водопотребление в значительной мере зависит от степени благоустройства населенного пункта и его жилищного фонда, а именно, увеличиваются при его повышении. Исходя из этого, были разработаны нормы удельного хозяйственно-питьевого водопотребления, которые по согласованию с Министерством здравоохранения были включены в ДБН 360-92 "Градостроительство, планировка и застройка городских и сельских поселений" (табл. 9). В указанные нормы входит расход воды в жилых домах, общежитиях, гостиницах, школах, детских дошкольных заведениях, общественных учреждениях, средних и высших учебных заведениях, а также на предприятиях культурно-бытового, коммунального обслуживания и общественного питания, за исключением домов отдыха, санаторно-туристических комплексов, детских лагерей. Кроме степени благоустройства, при определении нормы водоснабжения учитывают климатические условия, мощность источника водоснабжения, этажность застройки, культурные традиции населения и другие местные условия. В некоторых городах, благодаря развитию водопроводной сети, нормы водопотребления более высокие, например до 400 л/сут. Считается, что норма водопотребления 500 л/сут—максимально целесообразная. Суточный расход воды (m^3 /сут) на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях рассчитывают по формуле:

$$Q = \bar{q} \cdot N_i$$

где $\bar{q}$ — удельное среднесуточное водопотребление на 1 жителя (по данным табл. 9), л/сут; N_i — расчетное количество жителей в районах жилой застройки с различным уровнем благоустройства.

При расчетах водопотребления нужно учитывать, что воду используют неравномерно как в отдельные часы суток, так и сезоны года. Для этого среднюю норму водопотребления принимают с так называемыми коэффициентами неравномерности: суточным (отношение максимальных или минимальных суточных расходов воды к среднесуточным) и почасовым (отношение максимальных или минимальных расходов воды в час к среднечасовым). Коэффициенты суточной неравномерности составляют $K_{\max}^{\wedge} = 1,1\text{--}1,3$, $K_{\min}^{\wedge} = 0,7\text{--}0,9$. Учет коэффициентов неравномерности во время проектирования водопровода дает возможность обеспечить непрерывную подачу воды в часы пик, в теплый период года, когда водопотребление увеличивается.

Отдельно учитывают расходы воды на хозяйственно-бытовые нужды на промышленных предприятиях: 45 л за смену на 1 работника в горячих цехах с тепловыделением свыше 83,68 кДж (20 ккал) на 1 м² воздуха в 1 ч и 25 л за смену — в других. Кроме общих норм удельного хозяйственно-питьевого водопотребления в населенных пунктах, приведенных в табл. 9, разработаны дифференцированные нормы расходов воды отдельными потребителями. В жилых домах квартирного типа, общежитиях, гостиницах эти нормы установлены из расчета на 1 жителя, в больницах — на 1 койку, в детских дошкольных учреждениях — на 1 ребенка, в учебных заведениях — на 1 учащегося и 1 преподавателя и др. Эти нормы указаны в СНиПе 2.04.01-85 "Внутренний водопровод и канализация зданий".

В санаториях и домах отдыха среднесуточный расход воды на 1 койку составляет при наличии во всех жилых комнатах ванн — 200 л, душей — 150 л. В детских лагерях со столовыми, работающими на сырье, и прачечными — 130 л/сут на 1 место.

Расход воды на полив зеленых насаждений и мытье улиц в теплый период года в среднем составляют 80—90 л/сут в расчете на 1 жителя. Если известна площадь зеленых насаждений улиц и городских площадей, количество воды рассчитывают по СНиПу 2.04.02-84.

Таким образом, суммарная мощность городского хозяйственно-питьевого водопровода должна обеспечивать все потребности населенного пункта в доброкачественной питьевой воде. Как свидетельствуют наблюдения, не только длительные, но и кратковременные перерывы в подаче воды резко ухудшают санитарно-бытовые условия в жилых домах, лечебно-профилактических учреждениях, детских дошкольных заведениях, предприятиях общественного питания, учреждениях коммунально-бытового обслуживания населения и т. п. Недостаточное количество воды в часы максимального водоразбора приводит к снижению давления в водопроводной сети, что при нарушении герметичности труб создает реальную угрозу загрязнения воды во время перемещения ее от водопроводной станции к потребителям. Это приводит к ухудшению качества воды и становится причиной эпидемических вспышек кишечных инфекций. Именно поэтому в практической деятельности врача медико-профилактической специальности проверка расчетов водопотребления в населенном пункте при экспертизе проектов водоснабжения занимает важное место.

Гигиеническая характеристика источников водоснабжения

Источниками воды для централизованной системы хозяйственно-питьевого водоснабжения могут служить как пресные поверхностные водоемы (реки, озера, водохранилища, каналы и т. п.), так и подземные воды (межпластовые — напорные и ненапорные). В условиях децентрализованного (местного) водоснабжения чаще используют подземные (грунтовые) воды, а также родники. В аридной зоне при отсутствии других источников водоснабжения широко используют атмосферные (дождевые) воды. Кроме того, в мировой практике рассматривают возможности водоснабжения населенных мест (и морских транспортных средств) за счет айсбергов Гренландии и Антарктиды, а также опресненной морской воды (Каспийское море, Мексиканский залив). Удельный вес использования тех или иных водоисточников в различных странах существенно отличается.

Водные ресурсы планеты Земля составляют почти $1,39 \cdot 10^9$ км³. Однако 96,5% всей воды на Земле сосредоточены в Мировом океане. Запасы пресной воды весьма ограничены и составляют в целом только 2,53%, из которых 1,74% > (т. е. более половины) сконцентрированы в ледниках. Вода составляет биосферу, а также содержится в других оболочках земли: в атмосфере в виде пара ($12,9 \cdot 10^3$ км³), в литосфере ($2,34 \cdot 10^7$ км³) и в живых организмах ($1,1 \cdot 10^3$ км³). Пары воды, образующиеся вследствие испарения с поверхностей океанов, морей, озер, водохранилищ, рек, почвы и транспирации растениями, поднимаются в атмосферу. Отсюда вода выпадает в виде дождя, снега; питает водоемы, пополняет моря и океаны. Часть атмосферных вод просачивается в почву, течет под землей и вливается в реки и моря, возвращаясь в дальнейшем в океан. Такое движение воды в природе называется большим круговоротом. В нем можно рассматривать два малых круговорота (рис. 2). Они связаны: один — с океанической, а второй — внутренний — с континентальной влагой.

Главным источником водоснабжения в Украине является речной сток. Он состоит из местного стока (52,4 км³), который формируется на территории Украины, и транзитного, поступающего с территорий других государств. Главными водоисточниками для Украины являются реки Днепр, Дунай, Днестр, Десна, Южный Буг, Прут и др. Наиболее мощной водоносной артерией является Днепр. Днепр обеспечивает водой почти 32 млн человек и 2/3 хозяйственного потенциала страны. Состояние воды и полноводье водных артерий зависят главным образом от состояния их притоков — малых рек, которых на территории Украины около 60 тыс, 90% населенных пунктов размещены именно в долинах малых рек. На территории Украины семь больших водохранилищ: Киевское, Каневское, Кременчугское, Днепропетровское, Днепродзержинское, Запорожское и Каховское. Полный объем аккумулированной в них воды составляет 43,8 км³.

В то же время Украина является одной из наименее обеспеченных водными ресурсами стран Европы. Ее водообеспечение составляет 1700 м³/год на 1 человека, из которых за счет стока местного формирования — только 1000 м³/год.

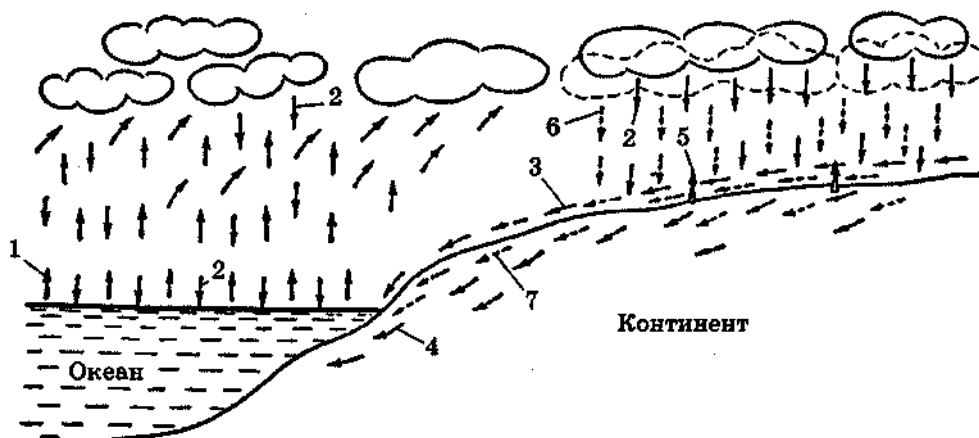


Рис. 2. Схема круговорота воды в природе:

1 — испарение с поверхности океанов и морей; 2 — атмосферные осадки над океанами и морями и частично над континентами; 3 — осадки, которые приносятся из океанов и стекают в них по поверхности суши; 4 — осадки, которые приносятся из океанов и стекают в них подземными путями; 5 — осадки, испаряющиеся на континенте; 6 — осадки, которые выпали на континенте, образовавшись за счет испарения на континенте; 7 — осадки, которые проникли в землю и стекают подземными путями в океаны

Водообеспечение из расчета на 1 человека в год во Франции, наиболее удобной для сравнения европейской стране, близкой Украине по площади и численности населения, составляет 4570 м³. В Австрии этот показатель достигает 7700, в Швейцарии — 7280, в Италии — 3380, Великобритании — 2730. Становится очевидным, что водные ресурсы Украины используют, а следовательно, и загрязняют, в несколько раз интенсивнее, чем в других странах.

Подземные воды Украины имеют не меньшее значение. Прогнозируемые ресурсы подземных вод составляют 22,5 км³/год, из которых 30,2% — эксплуатационные запасы. Реально используют до 32% эксплуатационных запасов подземных вод. Почти 70% сел и поселков городского типа удовлетворяют потребности в питьевой воде за счет грунтовых вод, или более глубоких межпластовых водоносных горизонтов.

Население и промышленность Украины ежегодно используют почти 30 км³, сельское хозяйство — 10,9 км³ воды. Общее использование подземных вод составляет 4,57 км³/год.

Гигиеническая оценка атмосферных вод. На качество и свойства атмосферных вод влияют процессы их формирования и условия сбора и хранения. Атмосферные воды образуются в результате конденсации водяного пара. Они содержат небольшое количество солей Са и Mg и поэтому являются очень мягкими. В то же время на капельках дождевой воды и кристаллах снега сорбируются вещества, которые содержатся в атмосферном воздухе населенных пунктов: взвешенные частицы (пыль), серы диоксид, азота оксиды, углеводороды (в том числе и бенз(а)пирен), сероуглерод, различные аэрозоли (в том числе тяжелых металлов) и т. п. Особенно высокие уровни загрязнения выявляют в первых порциях атмосферных осадков, которые фактически промывают воз-

дух, очищая его. Кроме того, на содержание взвешенных веществ и уровень контаминации микроорганизмами заметно влияют способ и условия сбора и хранения атмосферных вод.

В сельской местности, где нет подземных и поверхностных источников пресной воды, дождевую воду чаще всего собирают с крыш домов. Наилучшими являются крыши из оцинкованного железа. Первые порции дождевой воды омывают крышу и желоба от пыли, опавшей листвы и других загрязнений, вследствие чего в них отмечают неудовлетворительные органолептические свойства и они являются эпидемически опасными. Поэтому их надо сливать. Дождевую воду собирают в специальные бочки емкостью до 200 л. Ее количество зависит от среднего количества осадков для определенной местности. Если количество осадков значительное и составляет 1000 мм/год, то с 1 м² можно собрать приблизительно 0,8 м³ воды. Такая вода является эпидемически опасной, поэтому для использования в питьевых целях ее нужно обеззараживать кипячением.

Для сбора больших количеств атмосферной воды используют специальные инженерно-технические сооружения—водосборные площадки.

Сравнительная гигиеническая характеристика подземных водоисточников. В зависимости от условий формирования выделяют три типа подземных вод: *верховодку, грунтовые и межпластовые (напорные и ненапорные)*.

Подземные воды, имеющие хозяйственное значение, образуются главным образом за счет фильтрации атмосферных осадков через почву. Небольшое количество их образуется в результате фильтрации воды поверхностных водоемов (рек, озер, прудов, болот, водохранилищ и др.) через русла.

Накопление и движение подземных вод зависят от строения пород, которые делятся на водонепроницаемые и водопроницаемые. Водонепроницаемыми являются глина, известняки, гранит. К водопроницаемым относятся: песок, супесок, гравий, галечник, трещеноватые породы. Вода заполняет поры между частичками пород или трещины и продвигается под действием сил тяжести и капиллярности, постепенно заполняет водоносный горизонт. Глубина залегания подземных вод колеблется от 1—2 до нескольких десятков и тысяч метров.

Верховодка — это подземные воды, залегающие вблизи земной поверхности. Они накапливаются на первых от поверхности земли небольших по площади, прерывистых (линзоподобных) и водонепроницаемых включениях (рис. 3). Образуются за счет фильтрации атмосферных осадков. Режим пополнения верховодки водой непостоянен, так как зависит от количества осадков на ограниченной территории. Неглубокое залегание и особенности режима питания обуславливают очень малые запасы этой воды, которые к тому же значительно колеблются на протяжении года. Кроме того, верховодка легко загрязняется, качество воды в ней значительно изменяется во времени и заслуживает низкой гигиенической оценки. Поэтому верховодку используют как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения в исключительно редких случаях при отсутствии других источников водоснабжения. Кроме того, вследствие поверхностного залегания она является препятствием для эксплуатации подземных сооружений.

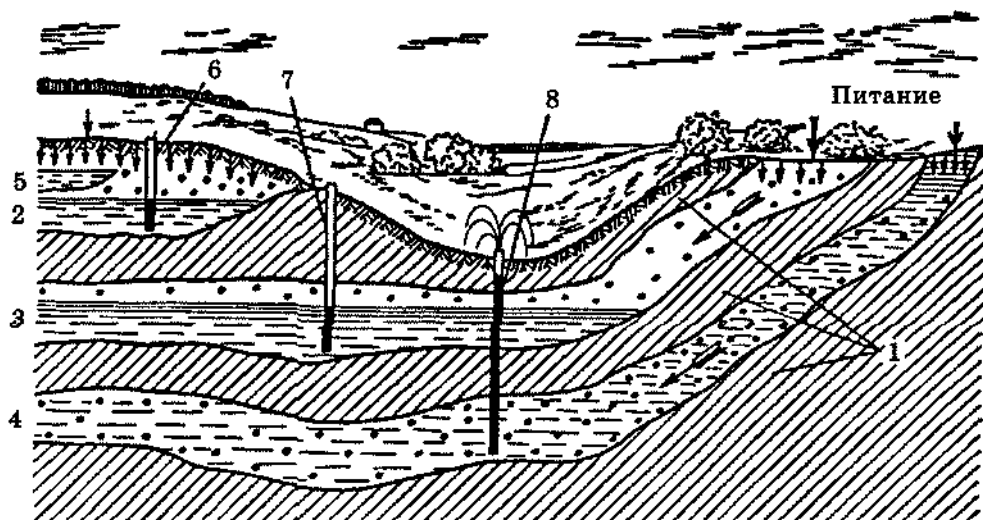


Рис. 3. Залегание подземных вод (схема):

1 — водонепроницаемые слои; 2 — горизонт грунтовых вод; 3 — горизонт межпластовых ненапорных вод; 4 — горизонт межпластовых напорных вод; 5 — верховодка; 6 — колодец, питающийся грунтовой водой; 7 — скважина, питающаяся межпластовой ненапорной водой; 8 — скважина, питающаяся межпластовой напорной (артезианской) водой

Грунтовые воды собираются над первым от поверхности земли слоем водонепроницаемых пород (глина, гранит, известняк), где образуют первый постоянно существующий водоносный горизонт, который называется горизонтом грунтовых вод. В зависимости от местных условий глубина залегания грунтовых вод колеблется от 1—2 до нескольких десятков метров. В Туркмении, например, есть колодцы глубиной до 150 м. Грунтовые воды движутся в направлении уклона водонепроницаемого слоя. Скорость их движения обычно невелика — от нескольких сантиметров до 1—3 м/сут в зависимости от водовмещающей породы.

Грунтовые воды являются ненапорными, их статический уровень в колодце соответствует глубине залегания. Они характеризуются непостоянным режимом, который зависит от гидрометеорологических факторов: частоты выпадения и количества осадков, наличия открытых водоемов. В результате этого регистрируются сезонные колебания уровня стояния, дебита, химического и бактериального состава грунтовых вод. С гигиенической точки зрения определяющим для качества грунтовых вод является санитарное состояние выше залегающей почвы, степень влияния которой зависит от глубины залегания грунтовых вод. В случае неглубокого их размещения вероятность попадания загрязнения повышается.

Грунтовые воды имеют более или менее постоянный физико-химический состав и лучшее качество, чем поверхностные. Фильтруясь через слой почвы, они преимущественно становятся прозрачными, бесцветными, не содержат патогенных микроорганизмов. Если почва по механическому составу мелкозер-

нистая, то при залегании на глубине 5—6 м и более грунтовые воды вообще не содержат бактерий. В зависимости от химического состава почвы грунтовые воды могут быть слабо-, средне- или сильноминерализованными. Количество растворенных солей в грунтовой воде увеличивается в зависимости от глубины залегания, однако в большинстве случаев повышение минерализации незначительно.

Грунтовые воды широко используют в сельской местности для местного (децентрализованного) водоснабжения. Воду забирают с помощью колодцев различной конструкции (шахтных, трубчатых и др.). Иногда грунтовые воды используют для небольших локальных водопроводов, которые обеспечивают водой отдельные объекты, размещенные, например, за пределами населенных пунктов, в пригородной зоне зеленых насаждений или в поселках с местным водоснабжением. При децентрализованном водоснабжении в населенном пункте такие локальные водопроводы обязательно должны быть в больнице, на предприятиях местной пищевой промышленности (молокозавод, хлебозавод и др.) и т. п. Но чаще всего запасов грунтовых вод недостаточно для создания даже локального водопровода. Из шахтного колодца, забирающего грунтовую воду, можно получить от 1 до 10 м³/сут. К тому же пополнение почвенного слоя водой непостоянно и зависит от количества осадков. Поэтому иногда при создании водопровода с использованием грунтовых вод в качестве источника водоснабжения предусматривают их искусственное пополнение при помощи специальных инженерно-технических сооружений.

При загрязнении почв нечистотами существует опасность заражения грунтовых вод патогенными микроорганизмами. Опасность тем больше, чем интенсивнее загрязнение и чем глубже оно занесено в почву, чем выше зернистость породы и чем выше залегают грунтовые воды. В местах, где залегают трещиноватые породы или известняки с карстовыми ходами, бактерии могут распространяться на сотни метров. В предотвращении загрязнения грунтовых вод большую роль играет санитарная охрана почв.

Грунтовые воды на территориях, расположенных вблизи поверхностных водоемов, могут иметь с ними гидравлическую связь. В таких случаях речная вода фильтруется через породы, формирующие русло, пополняя запасы грунтовой воды. Такие грунтовые воды называют подрусовыми. Подрусовые воды иногда используют для водоснабжения посредством оборудования инфильтрационных колодцев, но из-за связи с открытым водоемом состав воды в них непостоянен и в гигиеническом отношении менее надежен.

Межпластовые подземные воды залегают между двумя водоупорными слоями, из которых один — нижний — является водонепроницаемым ложем, а другой — верхний — водонепроницаемой кровлей. Глубина залегания межпластовых вод колеблется от десятков и сотен до тысячи метров и более. Наличие водонепроницаемой кровли препятствует попаданию воды в межпластовые слои из расположенных выше горизонтов. Пополнение межпластовых вод может происходить лишь в местах выклинивания водоносного горизонта на поверхность. Обычно зоны питания залегают на значительном (сотни километров) расстоянии от места водозабора. Чем больше это расстояние, тем надеж-

нее защита межпластовых вод от поступления загрязнений с поверхности. Добыча межпластовых вод производится через буровые скважины.

В зависимости от условий залегания межпластовые воды могут быть напорными или ненапорными. Чаще всего межпластовая вода заполняет всю толщу водосодержащей породы (песчаной, гравелистой или трещиноватой) между водоупорными слоями. При этом давление, под которым находится вода в водоносном слое, становится выше атмосферного. Если прорезать водонепроницаемую кровлю скважиной, то благодаря чрезмерному давлению вода в ней поднимается, а иногда даже выливается на поверхность в виде фонтана. Такая межпластовая вода называется напорной, или артезианской¹, а уровень, на который она поднимается в скважине самотеком, называется статическим. Ненапорные межпластовые воды не способны подниматься самостоятельно, их статический уровень в скважине соответствует глубине залегания.

Условия формирования и залегания (наличие водоупорного перекрытия, большое расстояние от мест выклинивания, значительная глубина залегания) определяют главную особенность межпластовых вод — постоянство количественных и качественных характеристик. Именно постоянство физических свойств и химического состава является важнейшими показателями санитарной надежности межпластового водоносного слоя. Какие-либо изменения хотя бы одного из показателей качества межпластовой воды являются сигналом о поступлении в ее слой воды из размещенных выше горизонтов, то есть сигналом о возможном загрязнении.

Надежно перекрытые межпластовые воды отличаются от грунтовых невысокой температурой (5—12 °С), постоянным физико-химическим составом, постоянным уровнем и значительным дебитом. Они прозрачные, без цвета, часто — без запаха и какого-либо привкуса. Концентрация минеральных солей в них выше, чем в грунтовых водах, и зависит от химического состава породы, в которой они накапливаются и передвигаются. Межпластовые воды — пресные, но могут иметь разную степень минерализации, вплоть до высокоминерализованных. Степень минерализации определяет другие показатели качества межпластовой воды (в частности, вкус и привкус) и коррелирует с содержанием хлоридов, сульфатов, солей жесткости (кальция и магния) и т. п. Межпластовые воды преимущественно щелочные (pH > 7) благодаря наличию гидрокарбонатов щелочных и щелочно-земельных металлов. Иногда могут содержать много железа (II) в виде гидрокарбонатов, марганца (II) в виде сульфатов, сероводорода. Последний образуется в межпластовых водах в результате химических превращений некоторых минеральных солей: восстановления сульфатов, разложения сульфидов металлов (по реакции $\text{FeS}_2 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{S} + \text{S} + \text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$), при взаимодействии сернокислых солей, растворенных в воде, с битумозными глинами, торфом, нефтью и т. п. Иногда в межпластовых водах выявляют аммонийные соли, которые, как и се-

¹ В 1126 г. во Франции, в провинции Артуа, был оборудован колодец, из которого вода выливалась на поверхность. Это было необычным явлением. Колодцы, из которых вода самовывалилась, стали называть артезианскими.

роводород, имеют исключительно минеральное происхождение. При отсутствии свободного растворенного кислорода в глубоких межпластовых водах создаются условия для восстановления нитратов в нитриты и аммонийные соли. Поэтому относительно высокое содержание в межпластовых водах сероводорода и аммиака иногда бывает естественным и не свидетельствует об их загрязнении. В природных биогеохимических провинциях, связанных с залежами полиметаллических руд, межпластовые воды могут содержать значительное количество тех или иных микроэлементов, в частности мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома и др. Межпластовые воды Бучакского водоносного слоя (Полтавская область Украины) отличаются высоким содержанием фтора. Разумеется, что такие воды невозможно использовать для хозяйственно-питьевого водоснабжения без специальной обработки.

Безусловным преимуществом межпластовых вод является почти полное отсутствие микробной контаминации. Благодаря длительной фильтрации и наличию водоупорной кровли, защищающей межпластовые воды от загрязнения, они почти не содержат микроорганизмов, тем более патогенных. Такие межпластовые воды эпидемически безопасны и не нуждаются в обеззараживании.

Межпластовые воды, в связи с условиями их формирования и залегания, надежностью перекрытия водоупорными слоями, постоянством состава и достаточно большим дебитом, имеют явные преимущества перед другими источниками водоснабжения и с гигиенической точки зрения заслуживают высокой оценки. В большинстве случаев они обладают высоким качеством — им присущи положительные органолептические свойства, физиологически благоприятный минеральный, в том числе микроэлементный, состав, отсутствие или очень низкое содержание вредных (токсических) химических веществ, эпидемическая безопасность. Поэтому их используют без предварительной обработки.

К сожалению, наряду с природными, на формирование состава подземных вод могут влиять и техногенные факторы. Такое влияние обычно бывает отрицательным и приводит к ухудшению качества межпластовой воды. Загрязнение может возникнуть в случае попадания воды из расположенных выше горизонтов при повреждении водоупорного перекрытия, при нарушениях во время бурения скважин, при их неправильном устройстве и эксплуатации, отсутствии тампонирования в процессе выведения из эксплуатации и т. п. В таких условиях наиболее вероятным является загрязнение ненапорных межпластовых вод, тогда как артезианские воды благодаря избыточному давлению в межпластовом слое лучше защищены и поэтому с гигиенической точки зрения более надежны.

Родниковая вода. Подземные воды, самостоятельно выходящие на поверхность, называют родниками. Выходить на поверхность могут как грунтовые, так и межпластовые воды, если соответствующий водоносный горизонт разрезается при падении рельефа, например на склоне горы, в глубоком овраге. Родники делятся на нисходящие и восходящие. Восходящие родники образуются при выходе на поверхность межпластовых напорных вод, нисходящие — грунтовых вод. Забирают родниковую воду для хозяйственных нужд с помощью водозаборных сооружений — каптажей.

Гигиеническая характеристика поверхностных водоемов. К поверхностным водоемам относятся реки, проточные и непроточные озера, водохранилища, ручьи. Поверхностные водоемы питаются за счет как атмосферных осадков, так и подземных вод. Поскольку водоемы пополняются преимущественно атмосферными осадками, химический состав воды в них в основном зависит от гидрометеорологических условий и заметно колеблется на протяжении года. В то же время на химический состав воды существенно влияет характер грунтов на территории водосбора — площади, с которой поверхностный сток в конечном счете попадает в конкретный водоем. Так как во время формирования поверхностных водоемов вода контактирует преимущественно с породами и почвами на поверхности земли, то она обычно содержит мало солей и является пресной.

По сравнению с подземными водами для поверхностных водоемов характерны большое количество взвешенных веществ, низкая прозрачность, повышенная цветность за счет гуминовых веществ, вымывающихся из почвы, более высокое содержание органических соединений, наличие аутохтонной микрофлоры, наличие в воде растворенного кислорода. Поверхностные воды, как правило, слабо или мало минерализованы, мягкие или умеренно жесткие. В то же время в непроточных озерах и водоемах концентрация солей в воде может быть повышенной вследствие испарения. Кроме того, высокая минерализация и жесткость характерны для водоемов, формирующихся в солончаковых грунтах. Химический состав воды поверхностных водоемов разнообразный. Сухой остаток главным образом представлен ионами: Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ . Соотношение этих ионов в воде разных водоемов значительно варьирует. Поверхностные водоемы в большинстве случаев имеют очень низкое содержание микроэлементов, хотя в природных биогеохимических провинциях возможна высокая их концентрация.

Для открытых водоемов характерно непостоянство качества воды, которое может изменяться в зависимости от сезона года и даже погоды. Так, во время ливня или таяния снега в водоем смываются взвешенные и гуминовые вещества, остатки химикатов с сельскохозяйственных полей, твердые бытовые и промышленные отходы и т. п. С атмосферными осадками, таянием снега связаны значительные колебания количества воды в поверхностных водоемах. В проточных водоемах расход воды¹ весной во время наводнения значительно увеличивается, в то время как летом, особенно в жару и засуху, — уменьшается.

Открытые водоемы легко загрязняются извне. В природных условиях наблюдается определенное загрязнение взвешенными и гуминовыми веществами, остатками растений, которые вымываются поверхностным стоком из почвы, продуктами жизнедеятельности животных и птиц, рыб и водорослей. Поэтому с эпидемиологической точки зрения открытые водоемы потенциально опасны.

Основным источником загрязнения являются сточные воды, которые образуются вследствие использования воды в быту, на промышленных предприятиях,

Под расходом воды подразумевают ее объем, проходящий за единицу времени через площадь поперечного сечения реки. Чаще всего измеряют в кубических метрах за секунду.

животноводческих и птицеводческих комплексах и т. п. Особенно опасен спуск в водоемы неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод. Частичное загрязнение водоемов происходит поверхностным стоком: дождевыми, ливневыми водами, водами, образовавшимися во время таяния снегов. И сточные воды, и поверхностный сток добавляют в водоемы значительное количество взвешенных веществ и органических соединений, вследствие чего повышается цветность, сниз/сается прозрачность, увеличивается окисляемость и БПК воды, уменьшается количество растворенного кислорода, повышаются концентрации азотсодержащих веществ и хлоридов, усиливается бактериальное обсеменение. С промышленными сточными водами и стоком с сельскохозяйственных полей в водоемы поступают токсические химические вещества.

Кроме того, вода открытых водоемов моэ/сет загрязняться вследствие использования водоема для транспортных (пассажирское и грузовое пароходство, лесосплав) целей, во время работы в руслах рек (например, добычи речного песка), водопоя животных, проведения спортивных соревнований, отдыха населения (см. раздел Л).

Однако каким бы значительным ни был уровень природного загрязнения, водоемы противостоят ему, пытаются избавиться от вредных веществ и, наконец, справляются с этим. Естественные процессы очистки воды от загрязнений называются самоочищением водоемов.

Самоочищение открытых водоемов происходит под влиянием различных факторов, которые действуют одновременно в разных комбинациях. Такими факторами являются: а) гидравлические (смешивание и разбавление загрязнений водой водоема); б) механические (осаждение взвешенных частиц); в) физические (влияние солнечной радиации и температуры); г) биологические (сложные процессы взаимодействия водных растений с микроорганизмами стоков, которые попали в водоем); д) химические (разрушение загрязняющих веществ путем гидролиза); е) биохимические (превращение одних веществ в другие за счет микробиологической деструкции, минерализация органических веществ в результате биохимического окисления водной аутохтонной микрофлорой). Самоочищение от патогенных микроорганизмов происходит за счет их гибели вследствие антагонистического влияния водных организмов, действия антибиотических веществ, бактериофагов и т. п.

При загрязнении водоемов бытовыми и промышленными сточными водами процессы самоочищения могут быть заторможены или угнетены. Влияние сточных вод на водоемы зависит от их характера. Бытовые сточные воды, образовавшиеся в результате хозяйственно-бытовой деятельности человека, опасны в эпидемиологическом отношении. Неочищенные промышленные сточные воды загрязняют водоемы значительным количеством различных химических веществ. Одни из них влияют на органолептические свойства воды, придавая ей неприятный привкус, запах, вид (хлорбензол, дихлорэтан, стирол, нефть и пр.), другие оказывают токсическое действие на организм человека и животных (мышьяк, кадмий, цианиды и пр.). Иные нарушают биологические и химические процессы в водоеме, замедляя или совсем прекращая самоочищение (ацетон, метанол, этиленгликоль и т. д.). Иногда одно и то же вещество оказывает токсическое действие на организм человека и одновременно отрицательно

влияет на самоочищение водоемов или ухудшает органолептические свойства воды (соединения свинца, меди, цинка, ртути и т. д.).

Гигиенические требования к качеству воды источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. С гигиенической точки зрения оптимальной является ситуация, когда вода в источниках водоснабжения полностью отвечает современным представлениям о доброкачественной питьевой воде. Такая вода не нуждается в обработке, и важно лишь не ухудшить ее качество на этапах забора из источника и подачи потребителям. Исходя из приведенной выше гигиенической характеристики, такими источниками могут быть подземные межпластовые воды, чаще всего — артезианские (напорные). В других случаях вода источников, особенно поверхностных, нуждается в улучшении качества: уменьшении мутности (осветлении) и цветности (обесцвечивании), удалении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов (обеззараживании), иногда — улучшении химического состава (опреснении, умягчении, дефторировании, фторировании, обезжелезивании и т. п.). Несмотря на постоянное усовершенствование методов водоподготовки, их возможности имеют определенные технологически и экономически обоснованные ограничения.

Вода источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения должна быть такой, чтобы современные методы водоподготовки позволили получить доброкачественную питьевую воду, которая по всем показателям отвечала бы государственному стандарту (**ГОСТ 2874-82, СанПиН № 136/1940**).

Особого внимания заслуживают те показатели качества воды, которые мало изменяются в процессе обычной обработки, предусматривающей осветление, обесцвечивание и обеззараживание. Такая обработка неэффективна в отношении растворенных в воде химических веществ. Даже специальные методы водоподготовки дают возможность уменьшить содержание лишь некоторых из них: железа — путем обезжелезивания, фтора — благодаря дефторированию, сероводорода — за счет аэрации. Методы опреснения (снижения общей минерализации) и умягчения (снижения общей жесткости) требуют значительных дополнительных затрат электроэнергии, из-за чего стоимость водопроводной воды значительно повышается. Поэтому во время организации водоснабжения населенных пунктов желательно их избегать, хотя отсутствие пресноводных источников иногда вынуждает опреснять соленую морскую воду.

Изложенное выше обуславливает жесткое ограничение в воде всех источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения содержания сухого остатка, хлоридов, сульфатов, растворенных химических (особенно токсических) веществ, общей жесткости. Состав воды пресноводных подземных и поверхностных источников по этим показателям должен отвечать требованиям, предъявляемым к доброкачественной питьевой воде: сухой остаток — до 1000 мг/л (по согласованию с органами СЭС допускается до 1500 мг/л), концентрация хлоридов и сульфатов — до 350 мг/л и 500 мг/л соответственно,

общая жесткость — до 7 мг-экв/л (по согласованию с СЭС до 10 мг-экв/л). Уровень химических веществ не должен превышать ПДК для воды водоемов хозяйственно-бытового водопользования, а также норм радиационной безопасности, которые утверждены Министерством здравоохранения Украины. При условии одновременного наличия в воде токсических химических веществ, способных при комбинированном действии суммировать отрицательные эффекты, нужно придерживаться правил суммационной токсичности (см. с. 92).

Поскольку подземные и поверхностные водоисточники имеют природные особенности, а также разную степень защиты от неблагоприятного воздействия антропогенных факторов, гигиенические требования к качеству воды в них по всем другим показателям несколько отличаются.

Среди *подземных источников* есть такие, вода которых вообще не нуждается в обработке, поскольку обладает хорошими органолептическими свойствами, эпидемически безопасна, безвредна по химическому (в том числе радионуклидному) составу, физиологически полноценна. Эта вода полностью отвечает представлениям о доброкачественной питьевой воде и может подаваться населению без обработки. Такие подземные водоисточники относят к I классу. Гигиенические требования и нормативы качества воды в них полностью соответствуют таковым для питьевой воды согласно ГОСТу 2874-82.

Вода подземных источников II класса может содержать сероводород минерального происхождения (до 3 мг/л), значительно больше железа (до 10 мг/л) и марганца (до 1 мг/л). Это ухудшает ее органолептические свойства, поэтому необходимо применять специальные методы обработки. Для удаления H_2S , Fe, Mn — применяют специальные аэраторы или окислители перед фильтрацией. От сероводорода можно очистить воду путем аэрации, от железа — путем аэрации с дальнейшей фильтрацией. Во время аэрации вследствие окисления кислородом воздуха Fe^{2+} превращается в Fe^{3+} , в воде образуется нерастворимый железа (III) гидроксид $Fe(OH)_3$, взвешенные частички которого остаются на фильтре. Одновременно вода очищается от избытка марганца.

Кроме того подземные воды II класса могут обладать повышенной перманганатной окисляемостью (до 5 мг/л) и повышенным индексом БГКП (до 100). Это является свидетельством эпидемической опасности воды. Поэтому ее необходимо обеззараживать перед подачей потребителю.

В отдельных случаях подземная вода может иметь несколько худшее качество, а именно повышенную до 10 мг/л мутность, увеличенную до 50° цветность, еще большее содержание железа (до 20 мг/л), марганца (до 2 мг/л), сероводорода (до 10 мг/л). Некоторые подземные воды содержат чрезмерное количество фтора (5 мг/л). Индекс БГКП достигает 1000 в 1 л. Такие подземные источники относят к III классу. Для улучшения качества воды необходима более глубокая обработка. Для снижения мутности и цветности следует осветлять и обесцвечивать воду путем фильтрации, предварительно подвергнув ее отстаиванию. Сероводород, железо и марганец удаляют методом аэрации с дальнейшей фильтрацией. При повышенном содержании фтора такую воду дефторизируют. И, наконец, для обеспечения эпидемической безопасности воду обязательно обеззараживают.

Таким образом, подземные водоисточники в зависимости от качества воды и методов водоподготовки делят на три класса (табл. 10). Аналогичный принцип лежит в основе классификации *поверхностных водоисточников* (табл. 11). С учетом условий формирования, среди них нет водоисточников с абсолютно прозрачной и бесцветной водой, не содержащих микроорганизмы и не нуждающихся в обработке. Поверхностные водоемы с маломутной (до 20 мг/л) и малоцветной водой (до 35°), без запаха, содержащей незначительное количество легко окисляемых (в том числе органических) веществ (перманганатная окисляемость до 7 мг/л, БПК₂₀ до 3 мг/л) и марганца (до 0,1 мг/л), с несколько повышенной концентрацией железа (до 1 мг/л) и относительно невысокие

ТАБЛИЦА 10

Показатели качества воды подземных источников водоснабжения

Показатель	Класс водоисточника		
	I	II	III
Мутность, мг/л	Не более 1,5	Не более 1,5	Не более 10
Цветность, градусы	Не более 20	Не более 20	Не более 50
Водородный показатель (рН)	6—9	6—9	6—9
Содержание железа, мг/л	Не более 0,3	Не более 10	Не более 20
Содержание марганца, мг/л	Не более 0,1	Не более 1	Не более 2
Содержание сероводорода, мг/л	—	Не более 3	Не более 10
Содержание фтора, мг/л	Не более 0,7—1,5*	Не более 0,7—1,5*	Не более 5
Окисляемость перманганатная, мгОг/л	Не более 2	Не более 5	Не более 15
Количество бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в 1 л	Не более 3	Не более 100	Не более 1000

Содержание фтора зависит от климатического пояса.

ТАБЛИЦА 11

Показатели качества воды поверхностных источников водоснабжения

Показатель	Класс водоисточников		
	I	II	III
Мутность, мг/л	Не более 20	Не более 1500	Не более 10 000
Цветность, градусы	Не более 35	Не более 120	Не более 200
Запах при температуре 20 и 60 °С, баллы	Не более 2	Не более 3	Не более 4
Водородный показатель (рН)	6,5—8,5	6,5—8,5	6,5—8,5
Содержание железа, мг/л	Не более 1	Не более 3	Не более 5
Содержание марганца, мг/л	Не более 0,1	Не более 1	Не более 2
Содержание фитопланктона: мг/л, или количество клеток в 1 см ³	Не более 1 Не более 1000	Не более 5 Не более 10 000	Не более 50 Не более 100 000
Окисляемость перманганатная, мгОг/л	Не более 7	Не более 15	Не более 20
БПК ₂₀ , мгОг/л	Не более 3	Не более 5	Не более 7
Количество лактопозитивных кишечных палочек в 1 л воды	Не более 1000	Не более 10 000	Не более 50 000

уровни бактериальной контаминации (количество лактопозитивных кишечных палочек не превышает 1000 в 1 л) и фитопланктона (1000 кл/см^3), относят к I классу. Соответствие такой воды требованиям ГОСТа 2874-82 можно обеспечить фильтрацией без коагуляции или применением небольших доз коагулянта и обеззараживания.

Ко II классу относят водоисточники с водой большей мутности (до 1500 мг/л) и большей цветности (до 120°), которая обладает ощутимым природным запахом интенсивностью не выше 3 баллов. Такая вода содержит несколько больше легко окисляемых (особенно органических) веществ. Перманганатная окисляемость такой воды достигает $15 \text{ мг } O_2/\text{л}$, БПК₂₀ — до $5 \text{ мг } O_2/\text{л}$. Содержание в воде железа достигает 3 мг/л . Отмечается относительно высокий уровень бактериальной контаминации воды (количество лактозоположительных кишечных палочек не превышает 10 000 в 1 л) и значительное количество планктона ($10\,000 \text{ кл/см}^3$). Такие водоемы считают сравнительно чистыми относительно промышленных и бытовых загрязнений и их можно использовать в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Для очистки такой воды применяют традиционные методы обработки: для удаления фитопланктона — микрофильтрацию, для осветления и обесцвечивания — коагуляцию с отстаиванием (или осветление в массе взвешенного осадка) и дальнейшей фильтрацией; коагуляцию с двухступенчатой фильтрацией, контактное осветление и обязательно обеззараживание.

К III классу относят поверхностные источники, качество воды которых не может быть доведено до требований ГОСТа с помощью традиционных методов очистки. Вода таких водоемов очень мутная (до $10\,000 \text{ мг/л}$), интенсивно окрашена в желто-коричневый цвет за счет гуминовых веществ (цветность до 200°), обладает сильным (но не более 4 баллов) природным запахом, содержит много окисляемых (особенно органических) веществ (перманганатная окисляемость до 20 мг/л , БПК₂₀ — до 7 мг/л). Содержание в воде железа до 5 мг/л . Вода имеет высокий уровень бактериальной контаминации (количество лактозоположительных кишечных палочек до 50 000 в 1 л) и большое количество планктона ($100\,000 \text{ кл/см}^3$). При таком качестве воды в поверхностном водоеме для получения доброкачественной питьевой воды недостаточно применять только те методы обработки, которые предусмотрены для воды II класса. Необходимо проводить дополнительную обработку: для устранения мутности воды — дополнительную ступень отстаивания, запаха — применение окислителей и сорбентов, бактериальной загрязненности — более эффективное обеззараживание.

Если вода поверхностного водоема не отвечает гигиеническим требованиям, то есть по качеству не соответствует даже III классу (по некоторым или даже по одному показателю), то ее нельзя использовать для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, так как современные методы водоподготовки не дают возможности получить из воды таких водоемов доброкачественную питьевую воду.

Выбор источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения является принципиально важной задачей гигиены воды и водоснабжения населенных мест. Гигиенически обоснованный выбор источника явля-

ется предпосылкой обеспечения населения доброкачественной питьевой водой в достаточном количестве. Это одна из ответственных задач, от решения которой зависит здоровье потребителей, санитарно-бытовые условия проживания и благоустройство населенного пункта.

Выбор источника водоснабжения основан на нескольких принципах.

Первый принцип основан на необходимости обеспечения потребителя доброкачественной питьевой водой. Без сомнений, во время выбора источника предпочтение отдают тому, в котором качество воды выше. В этом смысле оптимальными являются подземные воды, а среди них — источники I класса, вода которых вообще не требует обработки.

Второй принцип — это принцип санитарной надежности. То есть в основу выбора источника положены оценка и прогноз вероятности его загрязнения. Ввиду условий формирования, залегания и питания подземные воды значительно лучше защищены от попадания загрязнений, и поэтому в санитарном отношении надежнее по сравнению с поверхностными. Самыми надежными с гигиенической точки зрения являются межпластовые напорные (артезианские) воды. Вторую позицию занимают межпластовые ненапорные, третью — грунтовые при условии искусственного пополнения. Поверхностные водоисточники — занимают последнее место. К тому же проточные водоемы (реки), процессы самоочищения в которых протекают интенсивнее, всегда имеют преимущество над непроточными (озерами, водохранилищами).

Во время выбора источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, кроме качества воды и санитарной надежности, учитывают достаточность запасов воды для удовлетворения нужд населенного пункта, определяют места водозабора и оценивают возможность организации зон санитарной охраны.

Гигиенические принципы, положенные в основу выбора источника водоснабжения, требования к качеству воды в подземных и поверхностных источниках, порядок осуществления выбора отражены в ГОСТе 2761-84 "Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора".

Методика выбора источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения состоит в следующем. Прежде всего следует выявить местные водные ресурсы, собрать информацию о подземных и поверхностных водоемах, санитарных, гидрологических, гидрогеологических и топографических условиях их формирования, залегания и питания, санитарном состоянии прилегающей территории. Собирая сведения о поверхностных водоемах, необходимо обратить внимание на: 1) санитарное состояние водосборных площадей, их заселенность, развитие промышленности и сельского хозяйства; 2) наличие выпусков сточных вод; 3) характер использования реки выше предполагаемого места забора; 4) средний расход воды в реке, его колебания в течение года и особенно минимальный расход в самом маловодном месяце. Информация о подземных водах включает: 1) глубину залегания водоносных горизонтов; 2) надежность их защиты водоупорными слоями; 3) характер водоносной породы (трещиноватая или песчаная); 4) размещение зон питания и их санитар-

ную характеристику; 5) мощность водоносного горизонта; 6) санитарную характеристику местности в районе водозабора; 7) наличие источников загрязнения почвы и водоносных слоев и пр. На основании указанных сведений и данных личного санитарного обследования врач дает гигиеническую оценку условиям формирования и пополнения источников и делает прогноз их санитарного состояния.

Затем необходимо выяснить, отвечает ли качество воды в источниках гигиеническим требованиям, в каком источнике вода лучше и вообще не требует обработки или же необходимо значительно меньше усилий для получения доброкачественной питьевой воды. Для этого отбирают пробы воды и проводят их лабораторный анализ. Место взятия проб воды из водоема для физико-химических и микробиологических исследований выбирают исключительно учреждения санитарно-эпидемиологической службы. Результаты лабораторных исследований должны отражать особенности режима источника, а не случайные изменения, возникшие под влиянием переменных факторов. Особенно это касается поверхностных водоемов, состав воды которых изменяется в соответствии с временем года. Поэтому в таком случае необходим ежемесячный анализ проб воды в течение последних 3 лет. На основании данных санитарного обследования и результатов лабораторного исследования врач медико-профилактической специальности определяет, отвечает ли вода в источнике гигиеническим требованиям, изложенным в ГОСТе 2761-84, устанавливает класс подземных или поверхностных водоемов и определяет методы обработки воды для доведения ее до доброкачественной питьевой.

Далее следует определить, содержит ли один или несколько источников необходимое количество воды, соответствующее гигиеническим нормам водопотребления населенного пункта в целом. При этом следует учитывать перспективы роста города или села и его инфраструктуры. Вопрос о количестве воды уже сам по себе может радикально повлиять на выбор. В то же время санитарная надежность и качество воды в источнике являются первостепенными критериями. Поэтому возможность использования подземных межпластовых вод рассматривается даже при недостатке их запасов. Тот дефицит воды, который образуется при выборе более надежного, но недостаточно мощного подземного источника, может компенсироваться за счет менее надежных в гигиеническом отношении поверхностных источников.

В процессе выбора источника водоснабжения и определения мест водозабора обязательно учитывают возможность создания зон санитарной охраны и соблюдения соответствующего режима в пределах их поясов. Источник водоснабжения при наличии нескольких водоемов и одинаковой возможности обеспечения качества и количества воды выбирают путем технико-экономического сравнения вариантов схем обработки воды с учетом санитарной надежности источников.

На заключительном этапе на основании гигиенической оценки условий формирования и залегания подземных вод, санитарной оценки поверхностного источника и прилегающей к нему территории, оценки качества и количества воды источника, санитарной оценки места водозабора, возможности создания

зон санитарной охраны (ЗСО) и прогноза санитарного состояния источника врач-профилактик делает гигиеническое заключение о пригодности конкретного подземного или поверхностного водоема в качестве источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Заключение должно содержать информацию о: 1) объекте водоснабжения; 2) гигиенической характеристике источника водоснабжения; 3) качестве воды в нем; 4) прогнозе санитарного состояния источника; 5) мероприятиях по организации ЗСО; 6) надлежащей обработке воды с целью доведения ее качества до требований стандарта на питьевую воду.

Гигиенические требования к организации и эксплуатации ЗСО источников централизованного водоснабжения. Для обеспечения санитарно-эпидемиологической надежности источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водопроводных очистных сооружений устанавливают ЗСО. Их организуют на всех водопроводах — речных и артезианских, на действующих и сооружаемых или только проектируемых. Основной задачей ЗСО является охрана от загрязнения источников централизованного водоснабжения, мест водозабора, а также водопроводных сооружений и прилегающих территорий. Проектирование и эксплуатация ЗСО источников централизованного водоснабжения и водопроводов, подающих воду хозяйственно-питьевого назначения, осуществляется в соответствии с "Положением о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения".

Организацию ЗСО начинают с разработки проекта. Определяют границы ЗСО и ее поясов и намечают план мероприятий по улучшению санитарного состояния ЗСО путем устранения существующего и предупреждения возможного загрязнения источника централизованного водоснабжения и ухудшения качества воды на этапах забора, водоподготовки и подачи ее населению.

ЗСО включают три пояса особого режима. Первый — пояс строгого режима — охватывает территорию и акваторию размещения водозаборов, площадок головных сооружений водопровода и водоподводящего канала. Второй и третий — пояс ограничений и пояс наблюдений — охватывают территорию, предназначенную для охраны от загрязнения источника водоснабжения. Санитарную охрану водопроводов обеспечивают санитарно-защитной полосой.

Первый пояс ЗСО (строгого режима) устанавливают с целью исключения случайного или умышленного загрязнения воды в месте расположения водозабора и на этапах водоподготовки на головных очистных сооружениях водопровода. *Второй и третий пояса ЗСО (ограничений и наблюдений)* предназначены для предупреждения неблагоприятного влияния на качество и количество воды используемых или планируемых к использованию подземных и поверхностных источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Границы поясов ЗСО. Для водозаборов из подземных источников первый пояс ЗСО устанавливают при использовании надежно защищенных межпластовых вод — в радиусе не менее 30 м вокруг скважины; недостаточно защищенных межпластовых вод — не менее 50 м. При использовании группы

подземных водозаборов граница первого пояса должна находиться на расстоянии не менее 30 и 50 м соответственно от крайних скважин (или шахтных колодцев).

Границу второго и третьего поясов ЗСО устанавливают на основании гидродинамических расчетов. Границу второго пояса устанавливают так, чтобы при попадании микробного (нестабильного) загрязнения в водоносный горизонт за пределами второго пояса оно не достигало водозабора. Для эффективной защиты подземного источника водоснабжения от микробного загрязнения необходимо, чтобы расчетное время продвижения загрязнения с подземными водами от границы второго пояса до водозабора было достаточным для потери жизнеспособности и вирулентности патогенными микроорганизмами, то есть для эффективного самоочищения воды. В климатических условиях Украины этот расчетный период составляет для грунтовых вод 200 или 400 сут в зависимости от отсутствия или наличия гидравлической связи с открытыми водоемами, для межпластовых — 100 или 200 сут соответственно. Гидрогеологическими и гидродинамическими показателями, определяющими скорость движения подземных вод, являются: дебит водозабора; мощность водоносного слоя; величина уклона естественного потока подземных вод; коэффициент фильтрации; активная пористость грунта. Существует несколько методик для расчета границ второго пояса ЗСО¹.

Определяя границу третьего пояса ЗСО, исходят из того, что если за его пределами в водоносный горизонт попадут химические вещества (стабильное загрязнение), то они или не достигнут водозабора, или будут перемещаться с подземными водами вне участка питания, или же достигнут его, но не раньше расчетного времени (T_c). Этот показатель должен превышать продолжительность технической эксплуатации водозабора и составлять не менее 25 лет.

Для водозаборов из поверхностных водоисточников границу первого пояса ЗСО водопровода, в том числе с водоподводным каналом и водозабором для искусственного пополнения запасов подземных вод, устанавливают на следующих расстояниях: 1) для проточных водотоков — вверх по течению не менее 200 м от водозабора; 2) вниз по течению не менее 100 м от водозабора; 3) по прилегающему к водозабору берегу — не менее чем за 100 м от линии уреза воды при наивысшем ее уровне; 4) в направлении от прилегающего к водозабору берега в сторону водоема при ширине реки или канала менее 100 м — вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от линии уреза воды при наивысшем ее уровне, при ширине реки или канала более 100 м — полоса акватории шириной не менее 100 м.

Для непроточных водоемов (водохранилищ, озер) границу первого пояса устанавливают в зависимости от санитарных и гидрологических условий: по акватории во всех направлениях — не менее чем 100 м от водозабора, 100 м от линии уреза воды при летне-осенней межени.

Рекомендации по гидрогеологическим расчетам для определения границ второго и третьего поясов зон санитарной охраны подземных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. — М., ВНИИ "ВОДГЕО", 1983. — 18 с.

На водозаборах ковшового типа в первый пояс ЗСО следует включать всю акваторию ковша.

Граница второго пояса для водозаборов должна быть настолько удалена вверх по течению, чтобы время пробега воды по основному водотоку и его притокам (в целях микробного ее самоочищения) от границы ЗСО до водозабора при 95% обеспеченности стока составляло не менее 5 сут — для I и II климатических районов и не менее 3 сут — для III и IV климатических районов. Рассчитывают верхнюю границу второго пояса по формуле:

$$L = V \cdot t,$$

где L — расстояние от водозабора до верхней границы зоны (м); V — скорость течения воды в водоеме (м/сут); t — время течения воды по основному водотоку и его притокам (3 или 5 сут).

На больших и средних реках зона ограничения распространяется вверх по течению на 30—60 км. На малых реках с расходом воды до 10 м³/с во второй пояс включают территорию бассейна реки.

Боковые границы второго пояса ЗСО определяются береговой полосой, ширина которой от линии уреза воды при наивысшем ее уровне должна быть: 1) при равнинном рельефе местности — не менее 500 м; 2) при гористом рельефе местности — до вершины первого склона, обращенного в сторону источника водоснабжения, при пологом склоне в пределах 750 м и не менее 1000 м — при крутом. На судоходных реках к границе второго пояса нужно причислить акваторию, прилегающую к водозабору, шириной до линии фарватера.

Чтобы не допустить влияния ветровых обратных течений на качество воды в районе водозабора, устанавливают нижнюю границу второго пояса ЗСО на расстоянии не менее 250 м от водозабора. Если установить нижнюю границу второго пояса ЗСО невозможно, согласовывают с санитарно-эпидемиологической службой повышенные требования к технологии обработки воды с тем, чтобы качество питьевой воды соответствовало государственному стандарту и в условиях ветровых обратных течений.

На непроточных водоемах (водохранилищах и озерах) граница второго пояса ЗСО должна быть удалена в обе стороны от водозабора, исходя из времени поступления воды к последнему в течение 5 сут — для I и II климатических районов и не менее 3 сут — для III и IV климатических районов. Во второй пояс ЗСО следует включать прибрежные участки по обе стороны водозабора: со стороны преобладающих ветровых течений — 3—5 км (при их повторяемости соответственно менее и более 10%), с противоположной стороны 1 км. На этом протяжении в ЗСО включается пояс шириной от уреза воды в глубь берега на 3—5 км, в глубь водохранилища ширина акватории — 0,5—1 км.

Границы третьего пояса ЗСО поверхностных источников вверх и вниз по течению совпадают с границами второго пояса. Боковые границы должны проходить по линии водоразделов на расстоянии 3—5 км, включая притоки.

Для санитарной охраны водопроводных сооружений устанавливают ЗСО на расстоянии 30 м от запасных и регулировочных емкостей, фильтров, контактных осветлителей и насосных станций. На расстоянии 15 м — от отстой-

ников, помещений реагентного хозяйства, склада хлора и др. На расстоянии 10 м — от водонапорных башен. Вдоль водоводов обязательно устанавливают санитарно-защитную полосу. На трассах с низким залеганием грунтовых вод ее ширина по обе стороны от крайних линий водоводов должна быть не менее 10 м, если диаметр водовода составляет 1000 мм, и 20 м — при диаметре водовода свыше 1000 мм. В местностях с высоким уровнем залегания грунтовых вод санитарно-защитную полосу устанавливают шириной 50 м по обе стороны независимо от диаметра водоводов.

Режим эксплуатации ЗСО. *Первый пояс ЗСО — зону строгого режима* — обязательно ограждают забором на суше или буями и другими предупредительными знаками по акватории, постоянно охраняют или оборудуют охранной сигнализацией. В пределах первого пояса ЗСО проводят озеленение, ночное освещение, планирование территории для отведения поверхностного стока за ее границы. Сточные воды, образовавшиеся на водопроводной станции, отводят в ближайшую систему бытовой канализации или на местные очистные сооружения за границы первого пояса ЗСО. В зоне строгого режима запрещено находиться посторонним лицам, размещать жилые и общественные строения, прокладывать трубопроводы и проводить строительно-монтажные работы, не связанные непосредственно со строительством, реконструкцией и эксплуатацией водопроводных сооружений и сетей. Также запрещено пасти скот, применять пестициды, органические и минеральные удобрения. При водозаборе из поверхностного водоема в зоне строгого режима запрещено сбрасывать какие-либо сточные воды, обустраивать причалы, проводить работы по углублению дна и добывать гравий или песок.

В пределах *второго пояса ЗСО — зоны ограничений* — проводят мероприятия по санитарному благоустройству территории населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных объектов и отдельных строений (их централизованное водоснабжение, канализацию, оборудование водонепроницаемых выгребов и пр.). Ограничивают отведение территорий под новую застройку, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения, промышленные и сельскохозяйственные объекты. Купание, занятия туризмом, водным спортом и рыбную ловлю разрешают лишь в определенных местах, отведенных органами государственной санитарно-эпидемиологической службы. Требуют оборудовать суда, дебаркадеры и брандвахты приспособлениями для сбора сточных вод и твердых отходов. Выполняют противоэрозийные мероприятия для охраны земель. Выявляют, тампонируют (или обновляют) старые, действующие, дефектные или неправильно эксплуатировавшиеся скважины и шахтные колодцы, регулируют строительство новых скважин. Запрещено размещать склады топливно-смазочных материалов, пестицидов и минеральных удобрений, накопители промышленных сточных вод, шламонакопители, нефтепроводы и продуктопроводы, кладбища, скотомогильники, поля ассенизации и фильтрации, сооружения подземной фильтрации, полигоны твердых (в том числе промышленных) отходов, навозохранилища, силосные траншеи, животноводческие и птицеводческие предприятия и т. п. Использовать химические вещества можно лишь по разрешению государственной санитарно-эпидемио-

логической службы, а применять пестициды и минеральные удобрения запрещено вообще. Нельзя рубить лес. Вдоль берегов поверхностных водоемов запрещено вспахивать земли, выпасать скот ближе чем за 300 м от берега, а также садоводство и огородничество. Нельзя брать с водного объекта песок и проводить другие дноуглубляющие работы, не связанные со строительством и эксплуатацией водопроводных сооружений. Запрещено закачивать отработанные (оборотные) воды в подземные горизонты, складировать под землей твердые отходы и разрабатывать недра земли.

В пределах *третьего пояса ЗСО* запрещено выпускать в водоемы сточные воды, не отвечающие требованиям СанПиН 4630-88 "Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения" и нормам Водного кодекса Украины. Обязательным является выявление, тампонирующее (или обновление) старых, действующих скважин и неправильно эксплуатируемых скважин. Бурение новых и проведение какого-либо нового строительства возможно лишь по согласованию с органами государственной санитарно-эпидемиологической службы. Нельзя закачивать отработанные (оборотные) воды в подземные горизонты, складировать под землей твердые отходы и разрабатывать недра земли.

В пределах *санитарно-защитной полосы водоводов* не должно быть источников загрязнения почвы и грунтовых вод. Категорически запрещено прокладывать водоводы на территориях свалок мусора, полей ассенизации, фильтрации и орошения, кладбищ, скотомогильников, а также промышленных, агропромышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Гигиенические требования к централизованному хозяйственно- питьевому водоснабжению населенных мест

Централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение — это совокупность мероприятий и сооружений по обеспечению населенных пунктов доброкачественной питьевой водой в достаточном количестве, которые предусматривают⁴ *механизированный забор воды из источников, ее очистку, обеззараживание* и при необходимости специальную обработку и доставку потребителям сетью водопроводных труб. Этот вид водоснабжения, по сравнению с местным (децентрализованным), является более удобным и существенно повышает санитарный уровень и улучшает эпидемическое благополучие населенных пунктов. Его преимуществами являются: 1) возможность выбрать наилучший источник воды; 2) обеспечить санитарную охрану источника; 3) предусмотреть при необходимости возможность улучшения качества воды; 4) обеспечить население необходимым количеством качественной питьевой воды; 5) обеспечить надлежащий технологический и гигиенический контроль за режимом подготовки и качеством питьевой воды.

Комплекс инженерных сооружений, предназначенных для централизованного водоснабжения, с помощью которых осуществляют водозабор

из источника, обработку воды с целью доведения ее качества до требований действующего стандарта, подачу в населенный пункт и распределение между потребителями, называют хозяйственно-питьевым водопроводом.

Первым водопроводом, архитектурные сооружения которого сохранились и доныне, является акведук, построенный в Древнем Риме. В XI—XII ст. существовал водопровод в Новгороде. В 1631 г. построили напорный водопровод из реки Москвы для обеспечения водой Кремля. Первый городской водопровод соорудили в 1787 г в Царском селе (ныне г. Пушкино, Россия). Первый водопровод в Киеве, который подавал воду в духовную академию, появился в 1668 г. Сегодня в Украине функционируют 1139 городских и 8179 сельских хозяйственно-питьевых водопроводов. Системами централизованного водоснабжения охвачено 100% населения в городах, 80% — в поселках городского типа и до 20% — в селах.

Основные составляющие водопровода: 1) источник водоснабжения (подземный или поверхностный); 2) водозаборные сооружения; 3) водоподъемные сооружения (насосные станции); 4) очистные сооружения; 5) сооружения для накопления запасов воды; 6) сооружения для доставки и распределения воды (водоводы, водопроводная сеть, водоразборные сооружения на сети).

Среди методов улучшения качества воды на очистных сооружениях водопроводов различают основные и специальные. Основные методы — осветление, обесцвечивание и обеззараживание. Они обязательны на всех водопроводах, которые используют воду из поверхностных водоемов. Обычная схема очистки воды в них предусматривает удаление взвешенных веществ и коллоидных примесей для улучшения таких органолептических свойств, как прозрачность и цветность, и обеззараживание для гарантирования безопасности воды в эпидемическом отношении. Если летом цветение поверхностных водоемов длится дольше месяца, то для очистки воды от фито- и зоопланктона перед проведением основных методов водоподготовки производят микрофильтрацию.

Осветление и обесцвечивание воды достигается несколькими способами: 1) природным отстаиванием и фильтрацией на медленных фильтрах; 2) коагуляцией, отстаиванием и фильтрацией на скорых фильтрах; 3) коагуляцией и фильтрацией на контактных осветлителях. Для осветления и обесцвечивания воды в комплексе очистных сооружений водопровода должны входить: 1) смесители, в которых вода перемешивается с раствором коагулянта; 2) камеры реакции, в которых происходит реакция коагуляции в свободном объеме; 3) отстойники (горизонтальные, вертикальные), в которых большие по размеру и массе взвешенные вещества под действием силы тяжести оседают на дно; 4) отстойники-осветлители, в которых происходит коагуляция и отстаивание; 5) медленные или скорые фильтры, на которых задерживаются мелкие частички; 6) контактные осветлители, или контактные фильтры, в которых происходит контактная коагуляция и задержка частиц. Осветленную и обесцвеченную воду обеззараживают, после чего она поступает в резервуары для чистой воды. Там создается запас доброкачественной питьевой воды для непрерывной подачи населению.

Иногда в зависимости от качества воды для удаления избыточного количества или, наоборот, дополнительного введения определенных химических

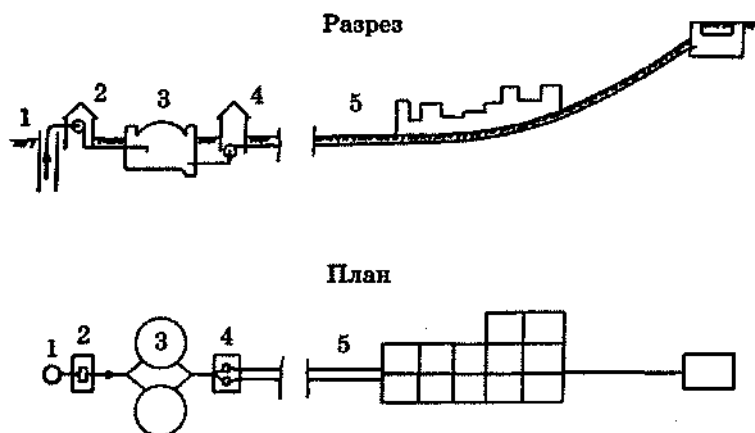


Рис. 4. Схема хозяйственно-питьевого водопровода в случае забора воды из подземного источника:

I — водоисточник; 2 — насосная станция I подъема; 3 — резервуар чистой воды; 4 — насосная станция II подъема; 5 — водопроводная сеть

веществ, применяют специальные методы обработки — опреснение, умягчение, обезжелезивание, фторирование, дефторирование, дегазацию и пр. При необходимости эти методы могут быть использованы и на водопроводах из подземных источников водоснабжения, если вода в них не является доброкачественной вследствие природных особенностей химического состава: содержит избыток железа, марганца, фтора, сероводорода и др.

Схема водопровода является индивидуальной и зависит прежде всего от качества воды в источнике. Предлагают несколько вариантов таких схем (принципиальные схемы водопроводов приведены на рис. 4 и 5).

Схемы водопроводов из подземных источников водоснабжения. В случае использования артезианских (межпластовых напорных), а также других подземных источников, вода которых является доброкачественной, соответствует стандартам на питьевую воду и не требует обработки (подземные источники I класса по ГОСТу 2761-84), схемой водопровода предусмотрено: подземный источник водоснабжения (межпластовые напорные или ненапорные воды); артезианская скважина (водозаборное сооружение); насос I подъема (водоподъемное сооружение); резервуар чистой воды; насосная станция II подъема (для подачи и создания давления в водопроводной сети); водопроводная сеть.

Если вода подземного источника эпидемически безопасна, но имеет повышенное содержание железа или сероводорода, или фтора (подземные источники II или III класса по ГОСТу 2761-84), она требует специальных методов обработки: обезжелезивания, дегазация, дефторирования. При этом, несмотря на эпидемическую безопасность воды в источнике, после использования какого-либо специального метода ее следует обеззараживать. В этих условиях схема водопровода включает: подземный источник водоснабжения; артезианскую

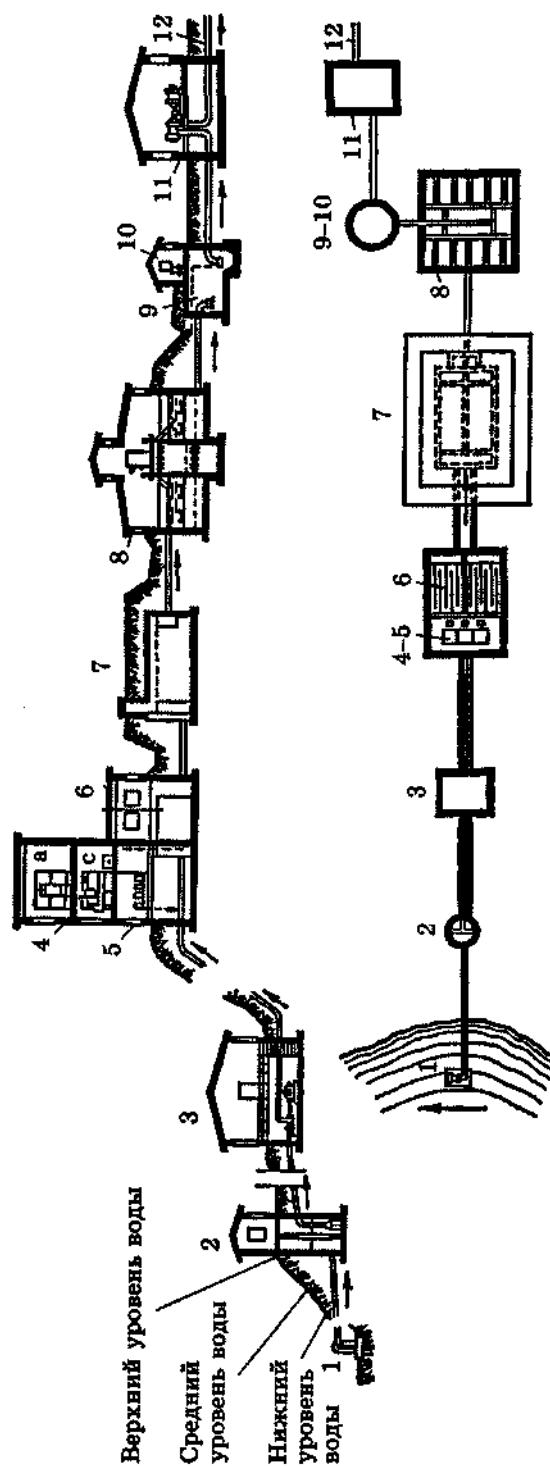


Рис. 5. Схема очистных сооружений при заборе воды из реки:

1 — забор воды из реки; 2 — водоприемный колодец; 3 — насосная станция I подъема; 4 — бак для раствора коагулянта; 5 — бак для рабочего раствора коагулянта; 6 — хлораторная I хлорирования; 7 — отстойники; 8 — скорые фильтры; 9 — резервуар чистой воды; 10 — насосная станция II подъема; 11 — напорный водовод в сети города

скважину; насос I подъема; специальные методы обработки; сооружения для обеззараживания; резервуар чистой воды; насосную станцию II подъема; водопроводную сеть.

Вода подземных источников III класса по ГОСТу 2761-84 иногда, в частности в случае гидравлической связи с поверхностными водоемами, может иметь несколько повышенную мутность и цветность, а поэтому требует осветления и обесцвечивания. Кроме того, она может быть эпидемически опасной. Поэтому необходимо предусмотреть ее обеззараживание. Если при этом она требует специальной обработки (например, дефторирования), то схема водопровода должна состоять из следующих элементов: подземного источника водоснабжения; артезианской скважины; насоса I подъема; сооружения для осветления и обесцвечивания; для специальной обработки, для обеззараживания; резервуара чистой воды; насосной станции II подъема; водопроводной сети.

Схема локального водопровода для водоснабжения нескольких отдельно расположенных объектов или одного здания включает: источник водоснабжения (межпластовые или грунтовые воды, желательного I класса по ГОСТу 2761-84); водозаборное сооружение (артезианскую скважину или трубчатый, шахтный колодец); водоподъемное сооружение (насос); водонапорную башню или водонапорный бак, размещенный на последнем техническом этаже здания; распределительную водопроводную сеть труб, если воду подводят к домам или бюветам.

Схемы водопроводов из поверхностных источников водоснабжения. В случае поверхностных источников I класса по ГОСТу 2761-84 с маломутной (мутность до 20 мг/дм^3) и малоцветной (цветность до 35°) водой при незначительном суточном водопотреблении (до $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$) осветления и обесцвечивания можно достичь природным отстаиванием в ковше (водозаборном сооружении) с дальнейшей фильтрацией на медленных фильтрах. Схема водопровода должна включать: поверхностный источник водоснабжения; ковш (водозаборное сооружение); береговой водоприемный колодец; насосную станцию I подъема; камеру гашения напора; медленный фильтр; сооружения для обеззараживания; резервуар чистой воды; насосную станцию II подъема; водопроводную сеть.

Если цветность воды не превышает 200° , мутность — 1500 мг/дм^3 , то ее осветления и обесцвечивания можно достичь коагуляцией, отстаиванием и фильтрацией на скорых фильтрах. Такой способ очистки используют в случае поверхностных источников II, а иногда и III класса по ГОСТу 2761-84. Продуктивность водопровода при этом не ограничена. Схема такого водопровода должна предусматривать: поверхностный источник; ковш (водозаборное сооружение); береговой водоприемный колодец; насосную станцию I подъема; камеру гашения напора, которая одновременно выполняет функции смесителя воды с раствором коагулянта; камеру реакции; отстойник; скорый фильтр; сооружения для обеззараживания; резервуар чистой воды; насосную станцию II подъема; водопроводную сеть.

При цветности воды до 120° , мутности до 1500 мг/дм^3 осветления и обесцвечивания воды можно достичь коагуляцией и фильтрацией в контактных

осветлителях или контактных фильтрах. Такой способ очистки воды используют в поверхностных источниках II класса по ГОСТу 2761-84 при любой продуктивности водопровода. Схема такого водопровода должна иметь: поверхностный источник; ковш (водозаборное сооружение); береговой водоприемный колодец; насосную станцию I подъема; камеру гашения напора, которая одновременно выполняет функции смесителя воды с раствором коагулянта; контактный осветлитель (контактный фильтр); сооружения для обеззараживания; резервуар чистой воды; насосную станцию II подъема; водопроводную сеть.

Если количество фито- и зоопланктона превышает 1000 кл/см^3 , то две последние схемы необходимо дополнить микрофильтрацией. В этом случае варианты предполагают проведение схем: 1) микрофильтрация для предварительного удаления из воды фито- и зоопланктона, коагуляция, отстаивание, фильтрация на скорых фильтрах и обеззараживание или 2) микрофильтрация, коагуляция и фильтрация на контактных осветлителях (контактных фильтрах) и обеззараживание.

В случае использования поверхностных источников III класса по ГОСТу 2761-84 водоподготовка предусматривает микрофильтрацию для предварительного удаления из воды фито- и зоопланктона, коагуляцию, двухступенчатое отстаивание для высокомутной воды, фильтрацию на скорых фильтрах или контактных осветлителях, использование окислителей и сорбентов для устранения запахов и эффективное обеззараживание. Одним из вариантов схем водопровода может быть: поверхностный источник; ковш (водозаборное сооружение); береговой водоприемный колодец; микрофильтр; насосная станция I подъема; камера гашения напора, которая одновременно выполняет функцию смесителя воды с раствором коагулянта; камера реакции; отстойник; скорый фильтр; смеситель, в который подается раствор коагулянта; контактный осветлитель; сооружения для обеззараживания; резервуар чистой воды; насосная станция II подъема; водопроводная сеть.

Гигиенические требования к устройству и эксплуатации головных сооружений водопровода из подземных источников водоснабжения

Водозабор подземных вод состоит из водоприемных сооружений, водоподъемных устройств в пределах отдельных водозаборов или центральной насосной станции I подъема и трубопроводов, которые соединяют водоприемные сооружения с насосной станцией, водоводами или резервуаром чистой воды (сборным резервуаром).

Водозабор из межпластовых подземных источников осуществляют посредством *артезианских*, или *буровых скважин*. Любая скважина нарушает изоляцию между водовмещающим горизонтом и поверхностью земли и создает потенциальные условия для проникновения загрязнений в межпластовый ис-

точник. Из-за неправильного устройства скважины может возникнуть гидравлическая связь между эксплуатируемым водоносным слоем и расположенными выше водовмещающими горизонтами (грунтовыми водами, верховодкой), вода которых может быть эпидемически опасной и хуже по органолептическим свойствам. Поэтому конструкция скважины имеет большое значение для сохранения качества межпластовой воды, предотвращения загрязнения водоносного слоя, обеспечения санитарной надежности водозабора.

Для оборудования артезианской скважины в толще земли до межпластового горизонта бурят цилиндрическую вертикальную шахту диаметром от 50 до 600 мм, глубиной от 50—100 до 1500 м и более. Для защиты от обвалов и изоляции *от водоносных горизонтов, расположенных выше, стенки шахты* закрепляют колонной металлических труб (как правило, стальных) длиной от 4—6 до 8—13 м, которые называются обсадными. Стыки между трубами герметизируют.

В зависимости от характера почвы при ударном способе бурения трубами одного диаметра можно углубиться на 30—50 м, при роторном — на 400—500 м. При большей глубине залегания водоносного горизонта достичь его колонной трубой одного диаметра невозможно вследствие трения между стенками труб и породой, что создает сопротивление дальнейшему бурению. Поэтому, продвигаясь вглубь, переходят на трубы меньшего диаметра. Их вначале опускают в середину уже установленных обсадных труб, а потом продолжают бурить. По завершении бурения лишние части обсадных труб вырезают и удаляют. Колонна приобретает телескопический вид. Для предупреждения загрязнения пространство, которое образуется между трубами (межтрубное пространство), заливают цементным раствором. Первую колонну обсадных труб, называемую кондуктором, используют для защиты устьевой части скважины от размыва и обрушения. Для предупреждения загрязнения пространство, которое образуется между кондуктором и грунтовыми стенками шахты (затрубное пространство), цементируют под давлением с выдавливанием цементного раствора от "башмака" обсадной трубы до поверхности земли. Вследствие этого вокруг кондуктора создается "цементный стакан".

Иногда для повышения надежности скважины вторую колонну обсадных труб не вырезают, а пространство между ней и кондуктором заполняют цементным раствором на всю высоту.

Колонна обсадных труб достигает верхнего уровня водоносного горизонта. Далее в эту колонну опускают колонну труб меньшего диаметра, которой проходят весь водоносный горизонт и которую вдавливают (фрезеруют) в нижний водоупорный слой. По внутренней колонне труб посредством штанг опускают фильтр, через который в скважину будет поступать вода. Фильтр представляет собой трубу с перфорированной частью, которую для защиты скважины от проникновения частиц водовмещающей породы оборачивают металлической сеткой. Фильтр располагают так, чтобы его перфорированная часть находилась в толще водоносного горизонта. Нижний, глухой, конец фильтра вдавливают в водонепроницаемый слой. После установки фильтра внутреннюю колонну труб удаляют, пространство между фильтром и обсадной трубой герметизируют.

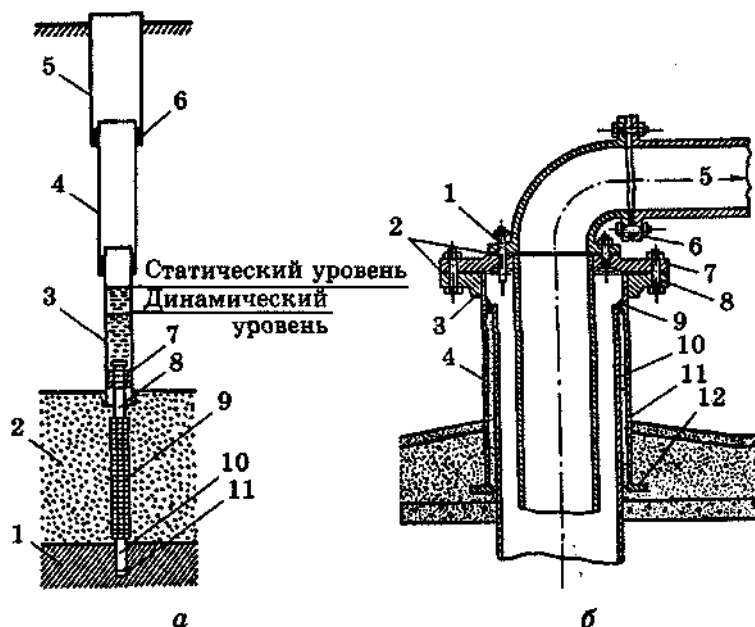


Рис. 6. Устройство артезианской скважины:

а — схема: 1 — водоупорный пласт; 2 — водоносный слой; 3, 4, 5 — колонны обсадных труб; 6 — изолирующий слой; 7 — уплотнительный сальник; 8 — надфильтровая труба; 9 — рабочая часть фильтра; 10 — отстойник; 11 — пробка отстойника;

б — оголовок скважины: 1 — отверстие для измерения уровня воды (закрывается болтом); 2 — резиновые прокладки размером 3 мм; 3 — на резьбе; 4 — заливка цементом; 5 — к центробежному насосу; 6 — резиновая прокладка; 7 — средний фланец; 8 — чугунный фланец с резьбой; 9 — зачеканивание свинцом 15 мм; 10 — обсадная труба; 11 — металлический патрубок; 12 — подкладное металлическое кольцо

Схема водозаборной (артезианской) скважины приведена на рис. 6. В скважине выделяют три основные части: водоприемную — фильтр, водопроводящую — ствол и верхнюю — устье. С целью предупреждения замерзания и для защиты от атмосферных осадков устье скважины оборудуют специальной подземной шахтой или наземным павильоном. Верхнюю колонну обсадных труб (кондуктор) выводят не менее чем на 0,5 м над поверхностью земли или дном шахты, а вокруг делают асфальтовую или бетонную отмостку с наклоном от скважины. Чтобы загрязнения не проникали через устье скважины, его герметично соединяют с оголовком с помощью фланцев с резиновыми прокладками. Также необходимо обеспечить герметичность в месте вхождения всасывающей трубы насоса или другого водоподъемного сооружения. Оголовок должен быть доступен для осмотра и иметь кран для отбора проб воды из артезианской скважины, то есть непосредственно из подземного источника. При размещении скважины в шахте последняя должна быть защищена от попадания в нее грунтовых вод путем гидроизоляции бетонированием или цементированием дна и стенок, а также от атмосферных осадков за счет герметичных сдвоенных крышек на люках.

Если источником являются межпластовые напорные (артезианские) воды, то иногда давления в водоносном горизонте достаточно для подъема воды на поверхность земли. Но чаще всего вода не достигает поверхности и находится в скважине на определенном уровне, называемом **статическим**. Отсюда воду откачивают насосами. При откачивании воды в водовмещающей породе вокруг скважины образуется зона пониженного давления, то есть **зона депрессии**. Давление снижается, так как вода, продвигаясь в водоносном горизонте, испытывает сопротивление со стороны породы водоносного горизонта, и часть напора тратится на преодоление этого сопротивления. Чем быстрее откачивают воду, тем быстрее снижается давление. При этом наиболее низким является давление в зоне, расположенной ближе к скважине. Вследствие откачивания уровень воды в скважине снижается относительно статического до тех пор, пока скорость откачивания не уравнивается с поступлением воды через фильтр, расположенный в водоносном горизонте. Наконец при постоянной скорости откачивания вода в скважине устанавливается на так называемом **динамическом уровне**. Чем быстрее откачивают воду, тем ниже относительно статического уровня динамический и больше площадь воронки депрессии.

После завершения бурения скважины для промывания ее от частичек ила и грязи проводят строительное откачивание продолжительностью от нескольких суток до месяца и более. При необходимости можно провести дезинфекцию. Сначала дезинфицируют надводную часть скважины, а потом — подводную. Для обеззараживания надводной части в скважине на несколько метров ниже статического уровня устанавливают пневматическую пробку. Часть скважины выше пробки заполняют раствором хлора (или хлорной извести) с концентрацией активного хлора 50—100 мг/л. Через 3—6 ч пробку вынимают и с помощью специального смесителя вводят раствор хлора в подводную часть скважины с таким расчетом, чтобы концентрация активного хлора после перемешивания с водой была не ниже 50 мг/л. Через 3—6 ч контакта воду из скважины откачивают, после чего отбирают пробу воды для контроля эффективности обеззараживания по микробиологическим показателям.

На водопроводе, кроме рабочих скважин, продуктивность которых должна обеспечивать суточное водопотребление в населенном пункте, в обязательном порядке необходимо предусмотреть и резервные. Минимальное количество скважин на водопроводе — 2, одна из которых рабочая, вторая — резервная. Если рабочих скважин от 2 до 10, то необходимо предусмотреть 2 резервные скважины. Если же рабочих скважин более 11, то резервных должно быть 20%.

Водоподъемные сооружения. Способ подъема воды из скважины зависит от уровня воды и дебита скважины. Чаще всего для этого используют **центробежные насосы**. Они состоят из электродвигателя, нескольких камер с лопастными колесами, закрепленными на вращающемся валу, всасывающей и напорной труб. Продуктивность такого насоса достигает 200 м³/ч.

Перед вводом водопроводного насоса в эксплуатацию камеры с лопастными колесами необходимо залить водой, которая должна отвечать действующему

стандарту на питьевую воду. Вал, на котором закреплены лопастные колеса, электродвигатель приводит в быстрое вращательное движение. Возникают центробежные силы, которые отталкивают воду, заполняющую камеры, к периферии спирального кожуха и далее — в напорную трубу. При этом в центре камеры перед входом всасывающей трубы создается пониженное давление и под действием атмосферного давления вода из скважины поступает из всасывающего трубопровода в насос.

При динамическом уровне до 7 м от поверхности земли применяют *центробежные насосы на горизонтальном валу*. Если динамичный уровень воды размещен на глубине до 120 м, используют *центробежные насосы на вертикальном валу*, электродвигатель которых установлен над скважиной, а всасывающая труба опущена в воду ниже динамического уровня. Для подъема воды из глубоких скважин до 500 м широко применяют *погружные центробежные насосы на вертикальном валу*, электродвигатель которых размещен в скважине под динамическим уровнем воды. Во всех случаях должна быть обеспечена герметичность оголовка скважины в участке вхождения всасывающей или напорной водоподъемной трубы.

Если глубина скважины составляет менее 100 м, можно использовать *штанговые насосы* — разновидность поршневых или объемных насосов с длинным приводом продуктивностью до 20 м³/ч. Насос состоит из камеры, в которой расположен поршень, соединенный со штангой. Электродвигатель, расположенный на поверхности земли, приводит штангу в движение, чем обеспечивает движение поршня в камере. К камере присоединены всасывающая и напорная трубы с клапанами. Когда поршень движется вверх, открывается всасывающий клапан и закрывается напорный. Камера наполняется водой. Когда поршень движется вниз, всасывающий клапан закрывается, напорный открывается и вода из камеры выталкивается в напорную трубу. Недостатком этих насосов является невысокая надежность: часто обрываются штанги, нужно менять кожаные манжеты, обеспечивающие тесный контакт поршня со стенками камеры, что повышает риск загрязнения.

Если глубина скважины не превышает 70 м, могут быть использованы *эрлифты*, или воздушные водоподъемники. Эрлифт состоит из водоподъемной трубы, в нижнюю часть которой введена воздушная труба с форсункой. Обе трубы опускают в скважину и погружают в воду так, чтобы погруженная часть была вдвое длиннее, чем непогруженная, которая выходит на поверхность земли. На поверхности воздушная труба присоединена к компрессору с ресивером, а водоподъемная — к отделителю воздуха, который трубой соединен с резервуаром чистой воды. Воздух, очищенный от пыли на масляном фильтре, компрессором через ресивер и отделитель масла подается в воздушную трубу и через форсунку поступает в водоподъемную трубу. Водовоздушная смесь водоподъемной трубой поднимается на поверхность и попадает в отделитель воздуха, после чего вода поступает в резервуары чистой воды. Положительными характеристиками эрлифта являются простота и надежность конструкции, легкость эксплуатации, возможность бесперебойной работы в течение длительного времени.

Резервуары чистой воды (РЧВ). Если забор производят из межпластовых источников I класса, вода которых не требует обработки, насосы подают воду по напорным трубопроводам в сборные резервуары — РЧВ. Запас воды, который собирается в РЧВ, необходим для компенсации возможного несоответствия между подачей воды и ее потреблением в определенное время суток. Для бесперебойной работы водопровода нужно предусмотреть резервное оборудование, как минимум, 2 РЧВ.

РЧВ — прямоугольные водонепроницаемые резервуары из стали или железобетона, расположенные под землей (рис. 7). Дно РЧВ должно быть выше уровня залегания грунтовых вод. Иногда для надежности вокруг РЧВ создают глиняный замок, а над РЧВ делают куполообразную насыпь из грунта и дерна. Труба, подающая воду в верхнюю часть РЧВ, должна быть загнута на конце, чтобы не размывать перекрытие РЧВ. С противоположной стороны устанавливают (сверху вниз): переливную трубу (постоянно открыта на случай переполнения РЧВ, имеется обратный клапан); трубу, которая подает воду для хозяйственно-питьевых нужд (соединена со всасывающей трубой насоса II подъема, постоянно открыта); трубу, которая подает воду для гашения пожаров (постоянно открыта) и грязевую трубу (расположена в приемке, постоянно закрыта). Рядом с РЧВ расположен переливной колодец со всеми подающими трубами, на которых в пределах переливного колодца устанавливают регулировочные краны. Для обмена воздуха РЧВ оборудуют вентиляционными стояками, поднятыми над уровнем земли на 1,5–2 м. Конец каждого стояка закрывают металлической сеткой с колпачком. В перекрытии РЧВ располагают 2 люка, которые плотно закрывают металлическими крышками, замком и пломбируют. Вокруг люков делают цементные отмостки.

РЧВ нуждаются в периодической (1–2 раза в год) очистке и дезинфекции. *В первую очередь РЧВ освобождают от воды. Для этого прекращают подачу воды в РЧВ, перекрывают трубы, подающие воду для хозяйственно-питьевых нужд и гашения пожаров, и открывают грязевую трубу, через которую спускают с РЧВ воду. Потом через люки внутрь РЧВ спускается рабочий, очищает и при необходимости ремонтирует его, смывает грязь в грязевой приемок, откуда она отводится грязевой трубой. После этого проводят дезинфекцию методом орошения. Рабочий, обеспеченный средствами индивидуальной защиты кожи, глаз и органов дыхания, из гидropульта обильно орошает стены, дно и перекрытие РЧВ раствором хлорной извести (или кальция гипохлорита) с концентрацией активного хлора 200–250 мг/л. После этого закрывают и пломбируют люки, закрывают грязевую трубу и выжидают 2 ч. Затем заполняют РЧВ чистой водой, промывают, выпуская воду через переливную трубу, отбирают пробы для определения остаточного свободного хлора и бактериологического исследования. При удовлетворительных анализах разрешают эксплуатацию РЧВ.*

Из РЧВ вода поступает в водопроводную сеть под давлением 2–4 атм, которое создают насосы насосных станций II подъема.

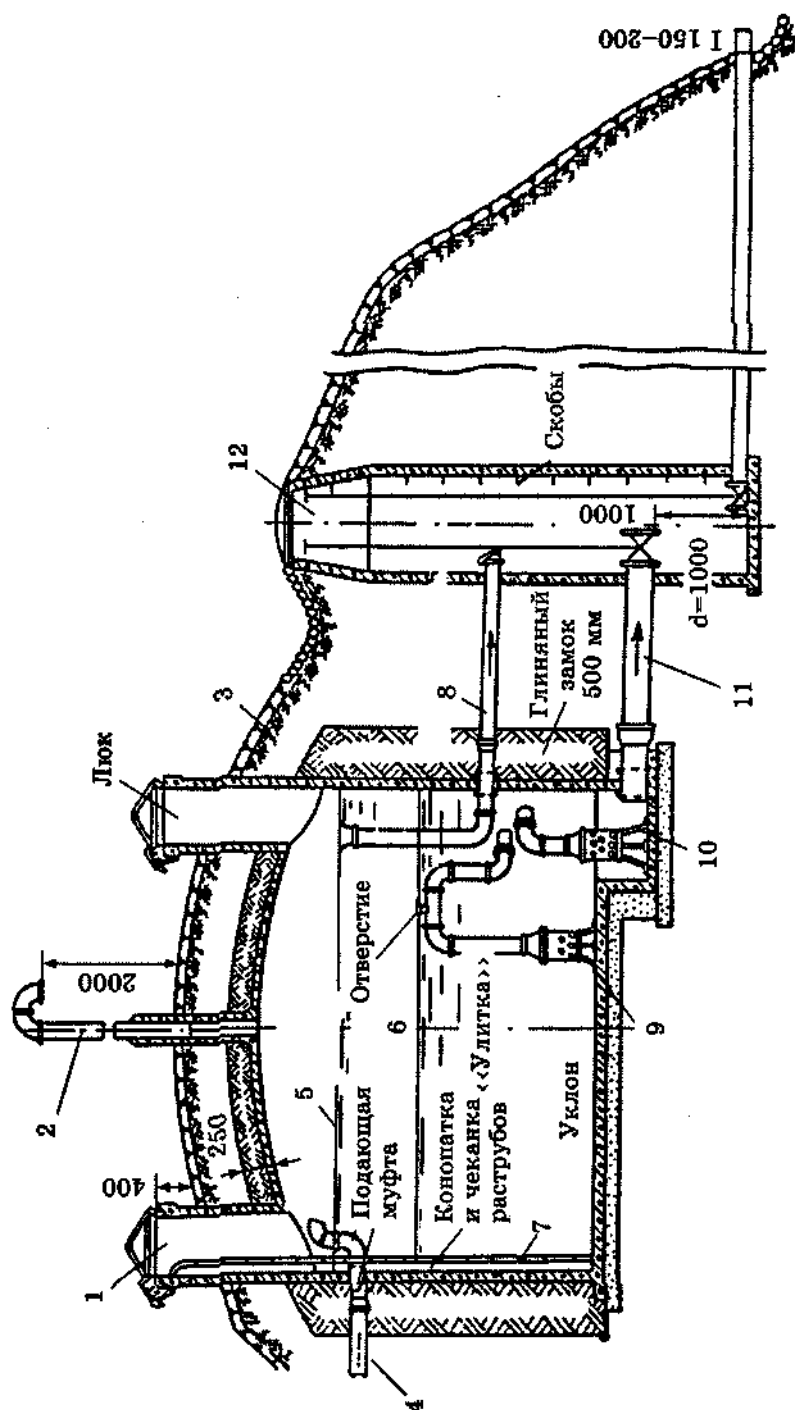


Рис. 7. Резервуар чистой воды:

1 — люк с крышкой; 2 — вентиляционная труба; 3 — дерн; 4 — труба, подающая воду; 5 — уровень хозяйственно-питьевого запаса; 6 — уровень пожарного запаса; 7 — ступеньки; 8 — переливная труба; 9 — к насосной станции; 10 — к пожарному крану; 11 — грязевая труба; 12 — переливной колодезь

Гигиенические требования к устройству и эксплуатации водопровода из поверхностных источников водоснабжения. Методы улучшения качества воды

В настоящее время 84% общего количества воды, подаваемой в города и поселки, берут из поверхностных водоемов. Надежная и бесперебойная работа системы хозяйственно-питьевого водоснабжения во многом зависит от выбора места расположения водозабора. Важно учитывать гидрологические, санитарные и технико-экономические условия, среди которых основным, определяющим, фактором являются санитарные.

Водозаборные сооружения на реке следует возводить выше по течению от населенного пункта, который обслуживается водопроводом, а также от мест впадения в реку притоков и яров, сброса стоков. Водозаборы нужно оборудовать на стойком берегу при надлежащей и постоянной глубине воды возле него в русле. Чаще всего таким требованиям отвечают вогнутые берега, хотя они в отличие от выпуклых сильнее размываются, но значительно меньше заносятся песком, который ухудшает работу водозаборных сооружений. Места расположения водозаборов должны быть защищены от нагромождений льда во время ледохода. Нельзя располагать водозаборы в местах оползней, а также зимовки и нереста рыбы.

Водозаборные сооружения должны обеспечивать бесперебойную подачу воды и если можно улучшать ее качество. В зависимости от природных условий используют разные типы водоприемных сооружений.

По способу забора воды из источника различают береговые (забирают воду из русла реки возле берегов), русловые (забирают воду из русла реки на некотором расстоянии от берега) и инфильтрационные (забирают подрусловую воду) водозаборы.

Береговые водозаборные сооружения. Береговыми называют такие сооружения, которые берут воду из русла реки непосредственно возле берега на достаточной для нормальной работы водозаборного сооружения глубине.

Они могут иметь прямоугольную или круглую форму. Их продуктивность составляет от десятков литров до десятков и сотен кубических метров в 1 с.

По условиям компоновки берегового колодца с насосной станцией I подъема различают две технологические схемы береговых водозаборов: совмещенную (береговой сетчатый колодец и насосная станция скомпонованы в одном сооружении) и раздельную (береговой сетчатый колодец размещают на береговом склоне, а насосную станцию I подъема выносят на расстояние 15—30 м на незатопляемый во время наводнения участок).

Русловые водозаборные сооружения. При достаточной для водоприема глубине лишь на значительном расстоянии от берега и относительно пологом берегу точку забора воды приходится выносить далеко в русло реки, устраивая там специальный водоприемный оголовок. От оголовка вода поступает (самотечными или сифонными линиями) в так называемый береговой колодец.

Такой тип водоприемника называется русловым. При этом насосная станция может быть оборудована как отдельно от берегового колодца (раздельная компоновка), так и скомпонованной с ним (совмещенная компоновка).

Водоприемные ковши и водоподводные каналы. Иногда для улучшения условий приема воду берут не прямо из русла реки, а из искусственно созданных заливов — ковшей (ковшовые водозаборы). Чаще всего их используют на реках, где есть опасность образования внутриглубинного льда или наблюдаются ледоходы. Также их применяют в том случае, когда необходимо уменьшить цветность

и мутность воды на участке водозабора путем природного отстаивания. Ковш располагают под углом 45° относительно течения реки. Для этого выбирают грунт в русле реки и срезают берег. Стены ковша закрепляют железобетоном, в верхнем перекрытии оборудуют вентиляционные стояки. Вход в ковш со стороны реки защищают решеткой от попадания крупных предметов, льда и т. п. Акваторию ковша ограждают дамбой (рис. 8).

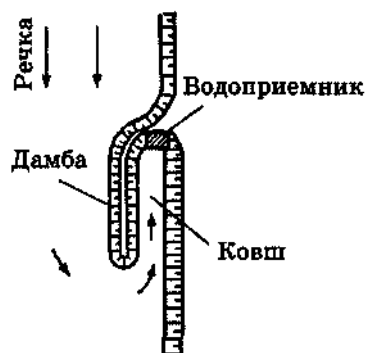


Рис. 8. Ковш для забора воды из открытых водоемов

Берут воду из ковша через водоприемные окна берегового колодца, расположенного в его конце. При сверхсложных шуго-ледовых условиях воду из ковша можно брать через затопленный русловый оголовок, от которого вода поступает самотечными или сифонными линиями в береговой колодец.

Водоподводный канал длиннее ковша. Его длину определяют на основании гидравлических расчетов.

Инфильтрационные водозаборные сооружения. Если речная вода очень загрязненная, используют водозаборы инфильтрационного типа, в которых воду фильтруют через грунт дна и берега реки, если русло реки образовано песчаными, песчано-гравелистыми или галечниковыми водоносными грунтами. Речная вода, фильтруясь, насыщает их, создавая своеобразный поток, направленный по течению реки. Его называют подрусловым, а воду — подрусловой. Для забора подрусловой воды используют лучевые водозаборы и инфильтрационные колодцы.

Лучевой водозабор состоит из водоприемных горизонтально расположенных под руслом реки (на глубине 3—5 м от дна) перфорированных стальных труб и водосборного колодца, расположенного на берегу (рис. 9).

Инфильтрационный колодец (рис. 10) представляет собой трубчатый колодец, размещенный на берегу реки. При откачивании из колодца небольшого количества воды в его фильтр будет поступать только грунтовая вода, которая питает реку. Если же отбор воды из колодца увеличить, то колодец будет питаться грунтовой и подрусловой водой со стороны реки. При дальнейшем увеличении отбора воды из колодца в него будет поступать преимущественно вода из подруслового потока и лишь незначительная часть грунтовой.

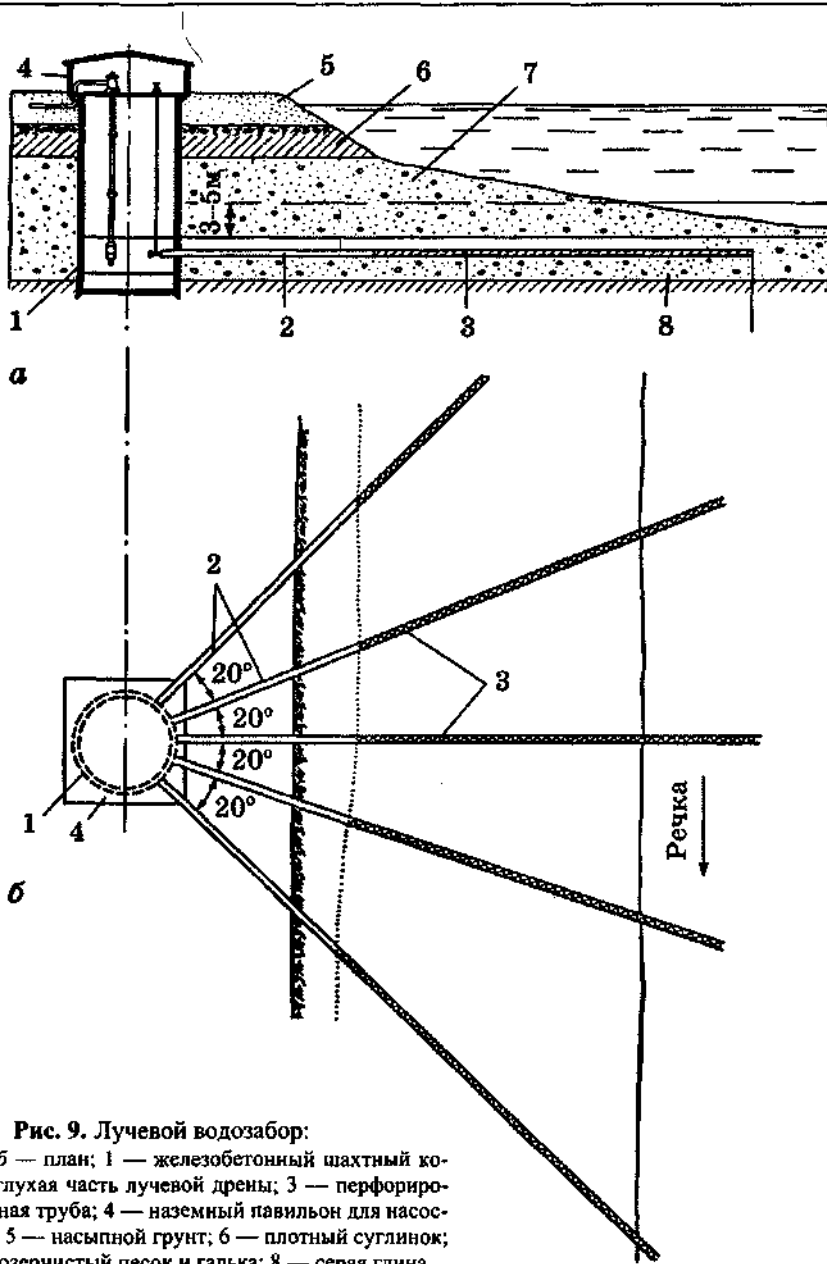


Рис. 9. Лучевой водозабор:

a — разрез; *b* — план; 1 — железобетонный шахтный колодец; 2 — глухая часть лучевой дрены; 3 — перфорированная стальная труба; 4 — наземный павильон для насосной станции; 5 — насыпной грунт; 6 — плотный суглинок; 7 — крупнозернистый песок и галька; 8 — серая глина

Подрусловая вода, которую забирают инфильтрационные водоприемники, почти полностью осветлена, частично обесцвечена и обеззаражена. Это дает возможность иногда (когда вода отвечает действующему стандарту на питьевую воду) изымать из технологической схемы водоснабжения станцию обработки и улучшения качества воды. При этом устанавливается почти одинаковая в течение года температура (8—12 °C) воды, отпадает потребность в защите

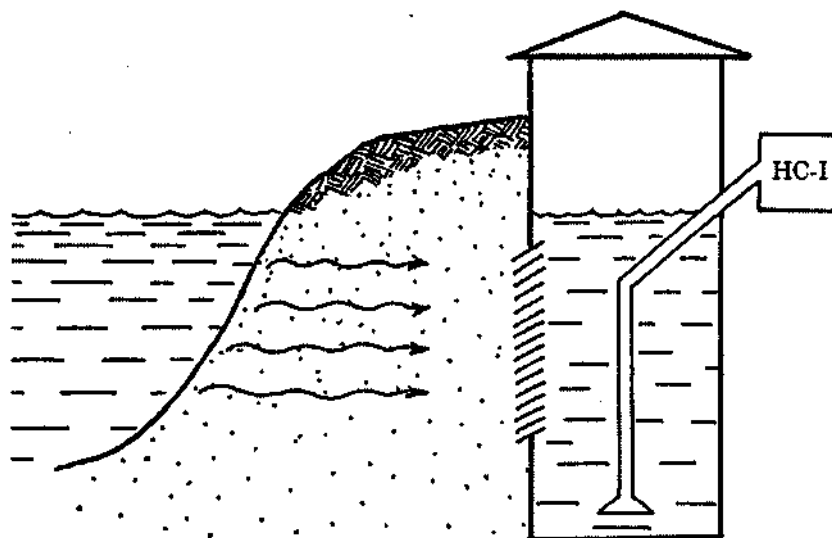


Рис. 10. Инфильтрационный колодец

водоприемных проемов от наносов, шуги, мусора, мальков и пр. Инфильтрационные водозаборы дают возможность забирать воду из малых неглубоких, а также имеющих нестойкое русло рек.

Гигиеническая оценка методов подготовки питьевой воды

К методам улучшения качества воды (водоподготовки) относятся: основные (осветление — удаление из воды взвешенных веществ, обесцвечивание — удаление окрашенных коллоидов или растворенных веществ, обеззараживание — уничтожение вегетативных форм патогенных микроорганизмов) и специальные (опреснение, дефторирование, смягчение, фторирование, обезжелезивание, детоксикация, дезодорация, дезактивация).

Микрофильтрация — это предварительное удаление из воды зоопланктона (мельчайших водных животных) и фитопланктона (мельчайших растительных организмов), способных к разрастанию на очистных сооружениях, что затрудняет их работу. Для предварительной очистки воды от планктона и крупных примесей используют микрофильтры и барабанные сита (рис. 11).

Микрофильтры представляют собой барабаны, на которые натянуты фильтрующие сетки из никелевой или бронзовой проволоки с размером ячеек 25—50 мкм. Скорость вращения барабана микрофильтра не должна превышать 0,1—0,3 м/с. Скорость фильтрации определяют из расчета 10—25 л/с на 1 м² полезной площади сетки, погруженной на 4/5 диаметра в воду.

Микрофильтры целесообразно применять при содержании в 1 см³ исходной воды более 1000 клеток фитопланктона. Производительность микрофильтров составляет от 4 до 45 000 м³/сут. Микрофильтры могут задержать до 75%

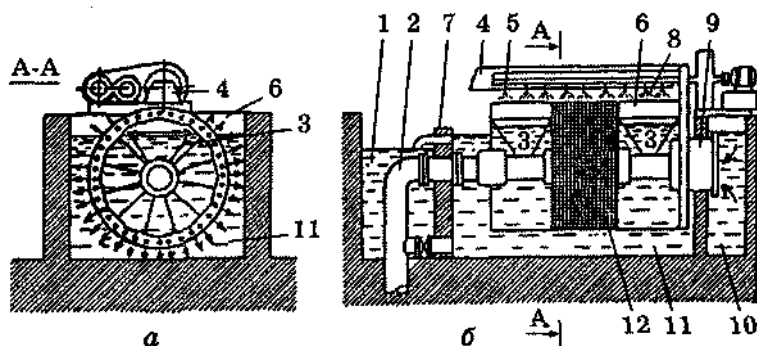


Рис. 11. Микрофильтр:

(а — разрез по А-А; б — продольный разрез): 1,10 — соответственно каналы отвода и подачи воды; 2 — сточная труба; 3 — воронка для сбора промывной воды; 6 — барабан с микросеткой; 7 — водослив; 8 — пластинчатые разбрызгиватели; 9 — входная труба; 11 — камера микрофильтра; 12 — фильтрующие элементы

диатомовых, до 95% сине-зеленых водорослей, зоопланктон — полностью и до 35% взвешенных веществ, находившихся в исходной воде.

Барабанные сита используют для грубого процеживания воды. Их можно устанавливать на водозаборах вместо ленточных сеток. Размер ячеек барабанных сеток — 0,5 x 0,5 мм, а защитных — 10x10 мм.

Осветление и обесцвечивание воды достигается в зависимости от начальных показателей мутности и цветности естественным отстаиванием и фильтрацией на медленных фильтрах или коагуляцией, отстаиванием и фильтрацией на скорых фильтрах.

Отстаивание воды. Суть отстаивания состоит в том, что в стоячей или в медленно текущей воде взвешенные вещества, относительная плотность которых выше, чем воды, выпадают под действием силы тяжести и оседают на дно. Отстаивание происходит и в источниках водоснабжения, и в ковшах. Кроме того, на водопроводных станциях для осаждения взвешенных веществ применяют специальные сооружения — отстойники. Однако естественный процесс отстаивания происходит медленно и эффективность осветления и обесцвечивания при этом низкая.

Нахождение взвешенных веществ в толще воды во взвешанном состоянии и выпадение их в осадок зависит от: 1) скорости течения; 2) относительной плотности и диаметра частиц. Чем медленнее течет вода и чем тяжелее частицы, тем быстрее и полнее они оседают на дно. Осаждением удастся удалить из воды грубодисперсные примеси (частицы размером более 100 мкм).

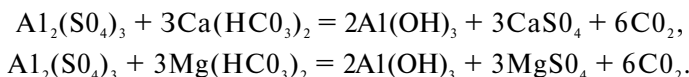
Природный способ осаждения взвеси не удовлетворяет современным требованиям очистки воды на водопроводах. Его основные недостатки — низкая скорость осаждения и необходимость в увеличении объема отстойника для prolongации процесса осаждения. Кроме того, наиболее мелкие взвешенные частицы не успевают осесть, а коллоидные частицы размером 0,001—0,1 мкм не выделяются вообще. Поэтому для повышения эффективности осветления и обесцвечивания проводят предварительную коагуляцию воды.

Коагуляцией воды называют процесс укрупнения коллоидных и диспергированных частиц, происходящий вследствие их слипания под действием сил молекулярного притяжения. Коагуляция завершается образованием видимых невооруженным глазом агрегатов — хлопьев и отделением их от жидкой среды. Различают два типа коагуляции: коагуляцию в свободном объеме (происходит в камерах реакции или хлопьеобразования) и контактную (в толще зернистой загрузки контактных осветлителей и контактных фильтров или же в массе взвешенного осадка отстойников-осветлителей).

Коагуляция происходит с участием химических реагентов — *коагулянтов* (солей алюминия и железа): алюминия сульфата — $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$; алюминия оксихлорида — $[\text{Al}_2(\text{OH})_3]\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; натрия алюмината — NaAlO_2 ; железа сульфата — $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; железа хлорида — $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и др. Кроме алюмо- и железосодержащих, используют комбинированные коагулянты, которые содержат соли (сульфаты или хлориды) одновременно обоих металлов.

Наиболее часто на хозяйственно-питьевых водопроводах в качестве коагулянта применяют неочищенный алюминия сульфат, который содержит 33% безводного алюминия сульфата и до 23% нерастворимых примесей. В настоящее время промышленность выпускает также и очищенный алюминия сульфат, который содержит не более 1% нерастворимых примесей.

При добавлении к воде алюминия сульфат (сернокислый глинозем) вступает в реакцию с кальция и магния гидрокарбонатами, которые всегда содержатся в природной воде и обуславливают ее устранимую жесткость и щелочность:

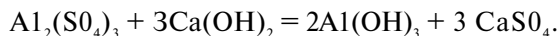


Основным для процесса коагуляции является образование алюминия гидроксида. $\text{Al}(\text{OH})_3$ образует в воде коллоидный раствор, который придает ей опалесценцию и быстро коагулирует, образуя хлопья во всей толще воды. Они имеют заряд, противоположный заряду коллоидных частиц гуминовых веществ, которые содержатся в природной воде. Благодаря этому коллоидные частицы коагулянта нейтрализуют заряд коллоидных гуминовых частиц воды. Они устраняют взаимное отталкивание, нарушают кинетическое равновесие коллоидного раствора. Частички становятся неспособными к диффузии, объединяются (агломерируются) и выпадают в осадок. Хлопья же самого коагулянта адсорбируют коллоидные и мелкие взвешенные частицы и выпадают на дно, механически захватывая с собой крупную взвесь.

Вследствие процесса коагуляции не только повышается скорость и эффективность осаждения взвеси, но и значительно уменьшается природная цветность воды, обусловленная наличием в ней гуминовых соединений. Обесцвечивание, которого невозможно добиться другими способами очистки, происходит вследствие адсорбции гуминовых веществ на поверхности хлопьев коагулянта и дальнейшего выпадения в осадок. Уменьшение количества взвеси способствует также значительному уменьшению количества бактерий и вирусов, содержащихся в воде.

Коагуляция происходит эффективно при условии, если концентрация гидрокарбонат-ионов в воде будет хотя бы эквивалентна количеству алюминия сульфата, который добавляется. В противном случае гидролиз не происходит, алюминия гидроксид не образует коллоидного раствора и не коагулирует.

Каждый градус щелочности воды соответствует содержанию в ней 10 мг/л CaO и делает возможной реакцию с 20 мг/л безводного алюминия сульфата или приблизительно с 40 мг/л товарного коагулянта — $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Для осуществления реакции необходим некоторый избыток щелочности (2°). Природная щелочность воды большинства рек достаточна для обеспечения коагуляции даже высокими дозами алюминия сульфата. Однако иногда реки болотного, озерного или ледникового происхождения не имеют необходимого резерва природной щелочности. Кроме того, щелочность воды в реках может резко снижаться весной вследствие попадания большого количества талых вод. В таких случаях воду приходится искусственно подщелачивать, для чего одновременно с коагулянтом добавляют гашеную известь — $Ca(OH)_2$ из расчета, чтобы 1° жесткости соответствовал 10 мг/л CaO. Реакция происходит следующим образом:



Максимальную дозу коагулянта, которую можно добавить к природной воде без искусственного подщелачивания, рассчитывают по формуле:

где $D_{\max}$ — максимальная доза коагулянта (мг/л), А — щелочность воды (мг-экв/л), 0,5 — желательный избыток щелочности, обеспечивающий полноту реакции коагуляции (мг-экв/л), 0,0052 — коэффициент эквивалентности.

На процесс коагуляции влияет не только щелочность воды, но и активная реакция (оптимальное значение pH 5,5—6,5), температура, наличие гуминовых веществ, количество грубой взвеси, частицы которой служат своеобразными "ядрами коагуляции", интенсивность перемешивания и пр.

По этой причине теоретический расчет для определения оптимальной дозы коагулянта является недостаточным. На водопроводах экспериментально определяют условия, при которых коагуляция будет происходить наилучшим образом. Обычно оптимальная доза алюминия сульфата для речной воды колеблется в пределах 30—200 мг/л. Эта доза изменяется в зависимости от сезонных колебаний мутности воды в реке или эпизодически под влиянием ливневых стоков.

Ориентировочно оптимальную дозу коагулянта можно определить по формуле:

$$D_k = 4л / K,$$

где D_k — максимальная доза коагулянта (мг/л), К — цветность воды (градусы).

Для ускорения коагуляции и интенсификации работы очистных сооружений применяют *флокулянты* — высокомолекулярные синтетические соединения. Различают флокулянты анионного (полиакриламид, К-4, К-6, активиро-

ванная кремневая кислота) и катионного (ВА-2) типа. Перед применением флокулянтов анионного типа следует обработать воду коагулянтом, чего не требуется при использовании катионных флокулянтов. Флокулянты ускоряют процесс коагуляции, нисходящее движение воды в осветлителях со взвешенным осадком, уменьшают длительность пребывания воды в отстойниках за счет повышения скорости осаждения хлопьев, ускоряют фильтрацию и увеличивают продолжительность фильтроцикла¹. К использованию в практике водоснабжения допускаются только флокулянты, которые прошли гигиеническую апробацию, имеют научно обоснованные ПДК и включены в список веществ, разрешенных для использования при водоподготовке. С осторожностью следует использовать высокомолекулярные флокулянты группы полиакриламидов, при производстве которых происходит полимеризация мономера акриламида. Его остатки, не вступающие в реакцию в ходе синтеза, обычно невелики (0,1—0,05%). Однако акриламид относится к генотоксическим канцерогенам (группа 2Б по классификации МАИР) и по рекомендациям ВОЗ его ПДК в воде должна составлять 0,0005 мг/л.

Процесс коагуляции на водопроводах состоит из следующих операций: растворение коагулянта, дозирование, смешение с коагулируемой водой и создание оптимальных условий для образования хлопьев. Коагуляция только подготавливает воду для дальнейшей обработки — осветления и обесцвечивания, и в этом смысле не являются самостоятельным процессом водоподготовки. В ряде случаев в схеме обработки воды коагуляция может отсутствовать.

Смесители. Эффективность процессов осветления и обесцвечивания воды в значительной степени зависит от условий смешения обрабатываемой воды с применяемыми реагентами. Для смешения реагентов с обрабатываемой водой применяют смесительные устройства (сопла Вентури, диафрагмы) или специальные сооружения — смесители. Они должны удовлетворять требованию быстрого и полного смешения реагента со всей массой воды. Кроме того, смесители выполняют функции камер гашения напора, созданного насосами насосной станции I подъема.

Различают два типа смесителей: гидравлические и механические. К гидравлическим относятся (рис. 12): смеситель коридорного типа (с вертикальным или горизонтальным движением воды); дырчатый смеситель; перегородчатый с разделением потока и вертикальный (вихревой). Выбор типа смесителя обосновывается технологической схемой, компоновкой водопроводной станции с учетом ее производительности, а также конструктивными соображениями.

Камеры реакции устраивают с целью создания благоприятных условий для завершения второй стадии процесса коагуляции — хлопьеобразования.

По принципу своего действия камеры хлопьеобразования делятся на гидравлические и механические (флоккуляторы). Из камер гидравлического типа на практике отдают предпочтение водоворотным, вихревым и перегородчатым

¹Фильтроцикл — промежуток времени от начала работы фильтра до достижения предельного снижения напора, при котором фильтр нужно вывести из режима фильтрации для промывки.

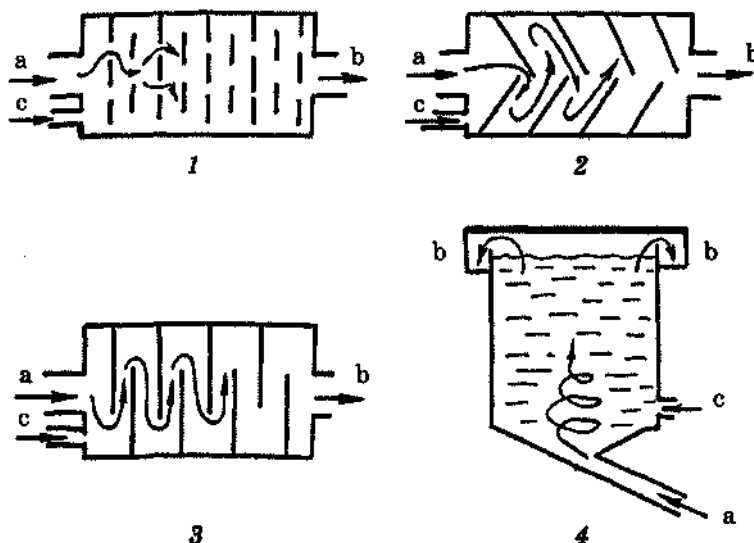


Рис. 12. Камеры гашения напора (смесители):

1 — дырчатого типа (вид сверху); 2 — ершового типа (вид сверху); 3 — коридорного типа (вид сверху); 4 — вихревого типа (вид сбоку);
а — труба, подающая воду после насосной станции I подъема со скоростью 1,2—1,5 м/с; б — отведение воды в камеру реакции (скорость — 0,3—0,5 м/с; с — подача раствора коагулянта)

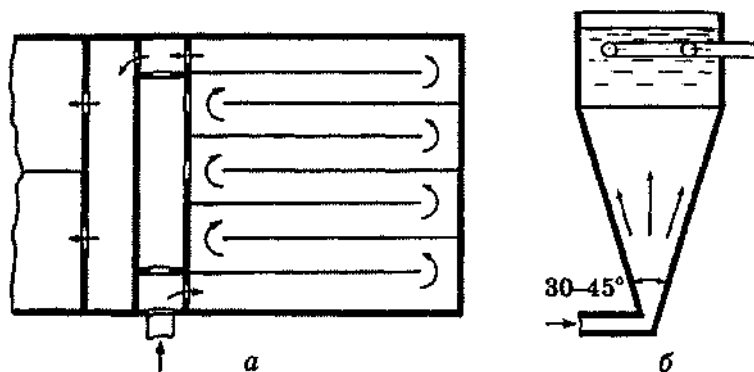


Рис. 13. Перегородчатая (а) и вихревая (б) камеры хлопьеобразования

камерам. Как правило, камеры всех типов, за исключением перегородчатых, встраивают в отстойники (рис. 13).

Для получения достаточно крупных хлопьев необходимо, чтобы вода находилась в камере хлопьеобразования от 10 до 40 мин (иногда и дольше) при условии постоянного плавного перемешивания. Скорость воды должна быть в пределах 0,005—0,1 м/с. При повышении скорости воды (больше 0,1 м/с) хлопья в камере реакции разбиваются, а при ее снижении (менее 0,05 м/с) начинают оседать, что приводит к ухудшению процесса коагуляции.

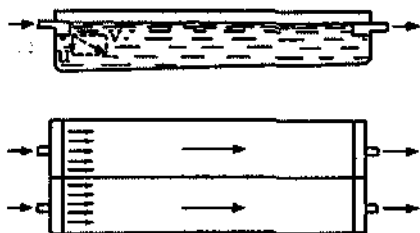


Рис. 14. Горизонтальный отстойник:
 u — гидравлическая постоянная; v — скорость потока

В зависимости от направления движения воды отстойники делятся на горизонтальные и вертикальные.

Горизонтальный отстойник — резервуар прямоугольной формы глубиной в несколько метров (3—4 м). В нем вода движется с очень низкой скоростью (2—4 мм/с) к отверстию, расположенному в противоположном конце. Для улучшения распределения воды по всему объему отстойника после входного отверстия по всей ширине устанавливаются водосливные или дырчатые перегородки. Дно горизонтального отстойника имеет наклон в сторону входной части, где находится приямок для сбора осадка. Обычно отстойник разбивают на ряд параллельных коридоров шириной до 6 м. Горизонтальные отстойники периодически очищают от осадка струей воды из брандспойта (на время очистки отстойник выводят из режима работы) или при помощи скребков (рис. 14).

В горизонтальном отстойнике на взвешенную частицу действуют две взаимно перпендикулярные силы: тяжести (u), перемещающая частицу вертикально вниз, и движения (v), которая тянет частицу в горизонтальном направлении. Вследствие этого частица движется по равнодействующей и в зависимости от соотношения сил опускается на дно или выносится течением из отстойника.

В *вертикальном отстойнике*, который имеет цилиндрическую или четырехугольную форму с конусообразным дном, вода поступает в центральную трубу, опускается по ней в нижнюю часть отстойника, поворачивается на 180° , медленно движется вверх, переливается через борт кольцевого желоба и далее попадает через трубу на фильтры (рис. 15). Сила тяжести (u) и сила движения воды (v) действуют на взвешенную частицу в противоположном направлении. Поэтому для эффективного осаждения скорость движения воды в вертикальных отстойниках должна быть ниже, чем в горизонтальных. В горизонтальных отстойниках расчетная скорость составляет 2—4 мм/с, а в вертикальных — ниже 1 мм/с (0,4—0,6 мм/с). Вода находится в отстойнике в течение 4—8 ч. За это время

Отстойники. Осаждение взвешенных веществ достигается в отстойниках благодаря замедлению скорости движения воды и действию силы тяжести. Поступая из труб в резервуар, вода продолжает двигаться, но в участке перехода из узкого русла в широкое ее движение замедляется настолько (от 1 м до нескольких миллиметров за 1 с), что взвешенные вещества оседают в условиях, близких к тем, которые создаются при ее полной неподвижности.

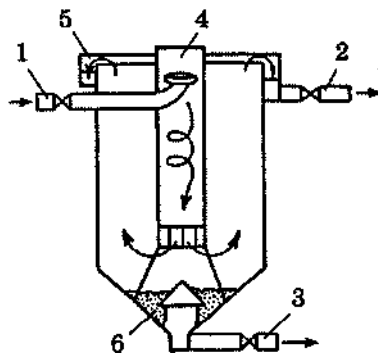


Рис. 15. Вертикальный отстойник:
1, 2 — соответственно подача и отведение воды; 3 — сброс осадка; 4 — камера хлопьеобразования; 5 — кольцевой сборный лоток; 6 — отражательный конус

оседают преимущественно грубодисперсные примеси. Так как на своей поверхности они сорбируют микроорганизмы, то в отстойниках задерживается значительная часть бактерий, вирусов и яиц гельминтов.

Фильтрация является следующим (после коагуляции и отстаивания) техническим приемом освобождения воды от взвешенных веществ, не задержанных на предыдущих этапах обработки (преимущественно это тонкодисперсная суспензия минеральных соединений). Сущность фильтрации состоит в том, что воду пропускают через мелкопористый материал, чаще всего — через песок с определенным размером частиц. Фильтруясь, вода оставляет на поверхности и в глубине фильтров взвешенные вещества.

Фильтры классифицируют с учетом разных характеристик: в зависимости от гидравлических условий работы — открытые (ненапорные) и напорные; по виду фильтрующей основы — сетчатые (микрофильтры, микросита), каркасные, или намывные (диатомитовые), зернистые (песчаные, антрацитовые и т. п.); по величине фильтрующего материала — мелкозернистые (0,2—0,4 мм), среднезернистые (0,4—0,8 мм), крупнозернистые (0,8—1,5 мм); и по скорости фильтрования — медленные (0,1—0,2 м/ч) и быстрые (5—12 м/ч); по направлению фильтрующего потока — одно- и двухпоточные, и по количеству фильтрующих слоев — одно-, двух-, трех-, многослойные.

Фильтры медленного действия — это первый тип фильтров, которые начали использовать в практике водообработки. В 1829 г. Джон Симпсон построил для лондонского водопровода песчаные фильтры, которые получили название английских, или медленных. Фильтры медленного действия применяют в том случае, когда мутность воды не превышает 200 мг/л и можно ограничиться предварительным естественным отстаиванием ее без коагуляции. Это резервуары из бетона, железобетона или кирпича, заполненные послойно щебнем, галькой, гравием и песком. Размер частиц постепенно уменьшается в направлении снизу вверх (от 40 до 2 мм). Общая толщина слоя песка составляет 0,8—1 м (рис. 16). Фильтр имеет двойное дно — нижняя его часть сплошная, верхняя — перфорированная. Между ними образуется дренажное пространство, в которое и поступает профильтрованная вода. На верхнюю часть дна кладут слой щебня или гравия (толщиной 0,4—0,45 м), а на него — собственно фильтрующий слой кварцевого песка (0,8—0,85 м), на который подают очищаемую воду.

Процесс фильтрации на медленном фильтре приближается к естественному: вода проходит через фильтр медленно, со скоростью 0,1—0,2 м/ч. При таких условиях достигается практически полное осветление воды и очистка ее от микроорганизмов (на 95—99%).

По мере фильтрации воды на поверхности фильтрующего слоя песка образуется биологическая пленка (толщиной 0,5—1 мм) из задержанных разнообразных органических остатков, минеральных веществ, коллоидных частиц и большого количества микроорганизмов. Формируется она в течение нескольких суток, и этот период называется периодом "созревания" фильтра. Пленка сама является фильтром и задерживает мелкую взвесь, которая прошла бы сквозь поры песка. То есть на медленном фильтре происходит пленочная фильтрация воды. Биологическая пленка способствует также минерализации органических

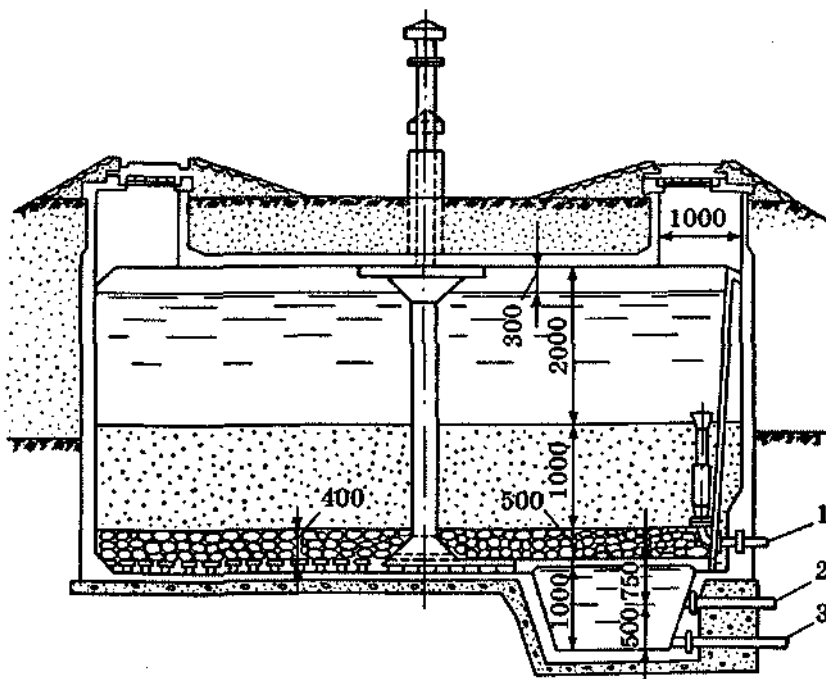


Рис. 16. Фильтр медленного действия для очистки питьевой воды:

1 — поступление обрабатываемой воды; 2 — трубопровод для осветленной воды; 3 — трубопровод для сточной воды

веществ и уничтожению микрофлоры, снижению окисляемости (на 20—45%) и цветности (на 20%).

Со временем поры биологической пленки забиваются взвешенными частицами, что приводит к повышению сопротивления и тормозит фильтрацию. Поэтому медленные фильтры нужно периодически очищать путем удаления 15—20 мм верхнего слоя и подсыпания чистого песка 1 раз в 10—30 сут. В это время фильтр выводят из работы.

Основными факторами, способствующими очистке воды на медленных фильтрах, являются: механическая задержка взвешенных частиц, адсорбция, окисление (химическое действие растворенного в воде кислорода), ферментативная деятельность микроорганизмов, биологические процессы, связанные с жизнедеятельностью простейших.

Несмотря на высокую эффективность очистки, простоту оборудования и эксплуатации, медленные фильтры сегодня используют только на малых водопроводах, в сельских населенных пунктах по причине их низкой производительности.

Фильтры скорого действия. Объемная фильтрация при помощи скорых фильтров является физико-химическим процессом. При объемной фильтрации механические примеси воды проникают в толщу фильтрующего слоя загрузки и абсорбируются под действием сил молекулярного притяжения на поверхности

его зерен и приставших ранее частиц. Чем выше скорость фильтрации и крупнее зерна загрузки, тем загрязняющие вещества глубже проникают в толщу и равномернее распределяются.

В настоящее время скорые фильтры нашли широкое применение в практике очистки питьевой воды. Они пропускают за час столб воды высотой 5—10 м, то есть их производительность в 50—100 раз выше медленных и следовательно уменьшается площадь и объем сооружений. Вот почему медленные фильтры уступили место скорым на больших водопроводах. Схема устройства скорых фильтров приведена на рис. 17. Вода, прошедшая коагуляцию, отстойник или осветлитель, поступает через боковой карман в резервуар фильтра. Высота слоя воды над поверхностью загрузки должна быть не менее 2 м. В процессе работы фильтра вода проходит через фильтрующий (кварцевый песок толщиной 0,7—1,0 м) и поддерживающий (щебень, гравий толщиной 0,4—0,6 м) слои и распределительной системой направляется в резервуар чистой воды. Важно, чтобы скорость фильтрации была постоянной на протяжении фильтроцикла, то есть не уменьшалась по мере его загрязнения. С этой целью на трубопроводе, который отводит профильтрованную воду, устанавливают автоматические регуляторы скорости фильтрации. Благодаря регуляторам, через фильтр проходит постоянное количество воды.

Скорые фильтры пропускают значительно больше воды, чем медленные, поэтому они быстрее загрязняются. В результате задержки взвешенных частиц в толще фильтрующего слоя уменьшается размер пор, что приводит к повышению сопротивления загрузки во время фильтрации и потере напора. Продолжительность фильтроцикла колеблется в пределах 12—24 ч. Поэтому скорые фильтры нуждаются в очистке 1—2 раза в сутки, а в паводок, при высокой мутности воды, — чаще. По окончании фильтроцикла фильтр промывают струей чистой профильтрованной воды, направленной снизу вверх (обратным током), которую подают под давлением в распределительную систему. Промывная вода, проходя с высокой скоростью (в 7—10 раз большей, чем скорость фильтрования) через фильтрующую загрузку снизу вверх, поднимает и взвешивает ее. Промывная вода вместе с грязью переливается в сборные желоба над поверхностью фильтрующего материала и отводится в водосток. Продолжительность промывки скорых фильтров — 7—10 мин. Количество воды, используемой для промывки фильтра, зависит от типа загрузки и колеблется от 12 до 18 л/с на 1 м².

Для интенсификации процесса фильтрации пытаются повысить грязеемкость фильтров, под которой понимают массу загрязнений (в кг), задержанных 1 м² фильтрующей загрузки фильтра в течение фильтроцикла. Повышенную грязеемкость имеют фильтры с двухслойной загрузкой, двухпоточные фильтры системы АКХ и ДЦФ.

В фильтрах с двухслойной загрузкой над слоем песка толщиной 0,4—0,5 м насыпается слой измельченного антрацита или керамзита. В таком фильтре верхний слой, состоящий из более крупных зерен, задерживает основную массу загрязнений, а песчаный — их остаток, прошедший через верхний слой. Общая грязеемкость двухслойного фильтра в 2—2,5 раза больше грязеемкости

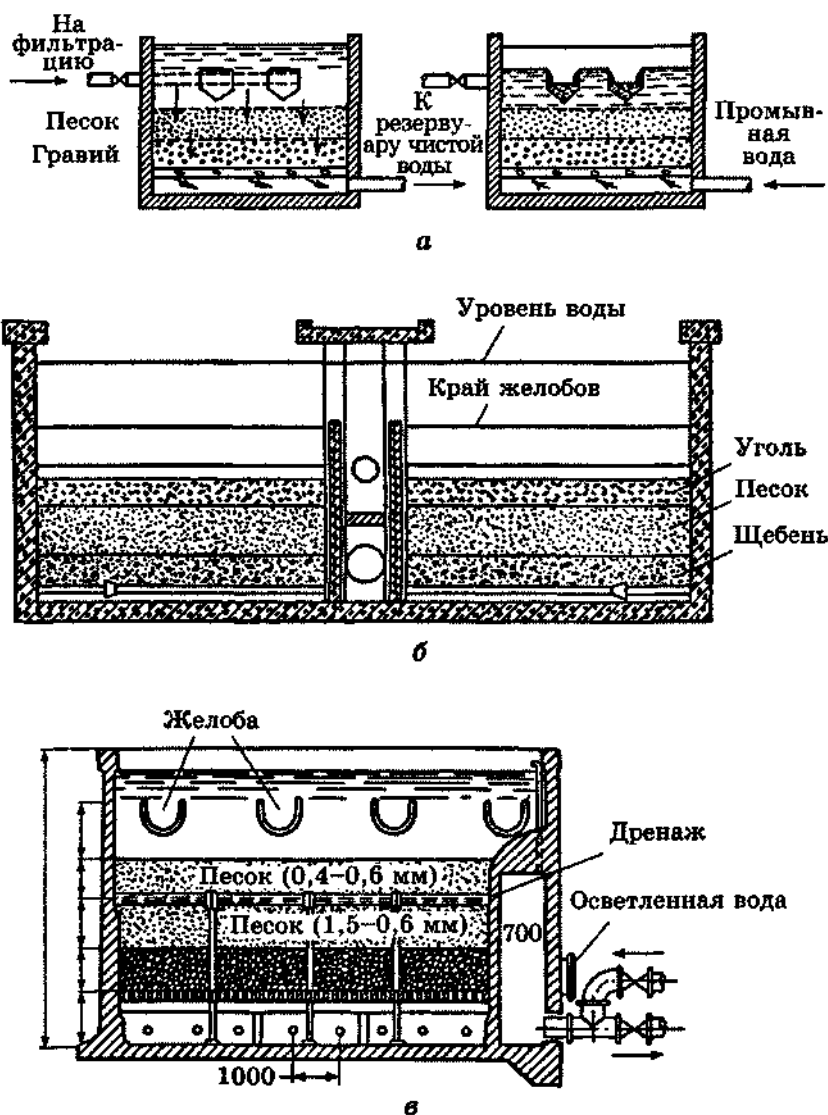


Рис. 17. Скорые фильтры:

а — однослойный фильтр; б — двухслойный фильтр; в — двухпоточный фильтр

обычного скорого фильтра. Плотность антрацита (керамзита) меньше плотности песка, поэтому после промывки фильтра послойное расположение загрузки восстанавливается самостоятельно. Скорость фильтрации в двухслойном фильтре составляет 10—12 м/ч, что в 2 раза больше, чем в однослойном скором.

Сущность работы двухпоточных фильтров АКХ заключается в том, что основная масса воды (70%) фильтруется снизу вверх, а меньшая часть (30%) — как и в обычных скорых фильтрах — сверху вниз. Благодаря этому основная

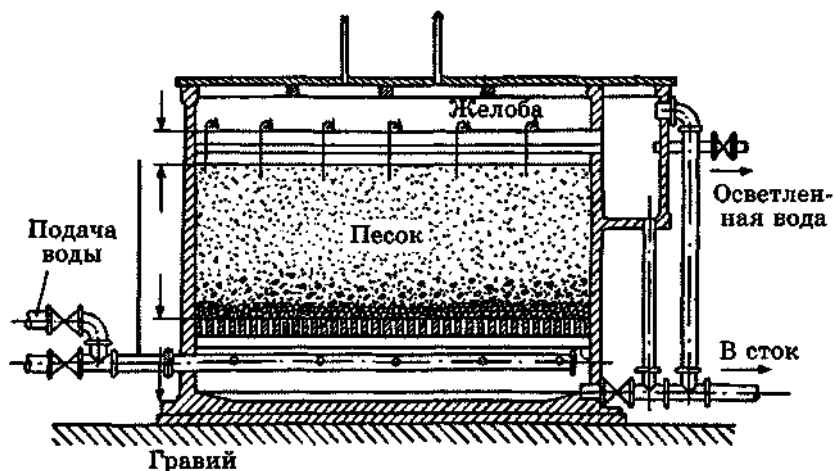


Рис. 18. Контактный осветлитель

масса загрязнений задерживается в нижней части фильтра, наиболее крупнозернистой, имеющей большую грязеемкость. Толщина фильтрующего слоя в фильтре АКХ — 1,45—1,65 м. На глубине 0,5—0,6 м от поверхности фильтрующего слоя загрузки устанавливается трубчатый дренаж, через который отводится профильтрованная вода.

При промывке фильтра АКХ сначала в течение 1 мин промывную воду подают в дренажное пространство для взрыхления верхнего слоя песка, затем в течение 5—6 мин — через распределительную систему, расположенную на дне фильтра. Грязная вода, как и в обычных фильтрах, собирается в желоба и отводится в водосток. Фильтры ДДФ конструктивно отличаются тем, что имеют два слоя загрузки (антрацит и песок, керамзит и песок) в наддренажном слое. В фильтрах АКХ и ДДФ задерживающая способность фильтрующей загрузки используется по всей ее высоте, что позволяет повысить скорость фильтрации до 12—15 м/ч и увеличить производительность фильтра на 1 м² поверхности в 2 раза.

После коагуляции, отстаивания и фильтрации вода становится прозрачной, бесцветной, очищенной от яиц гельминтов и микроорганизмов на 70—98%.

Контактные осветлители. В настоящее время наряду с обычной схемой очистки воды путем коагуляции, отстаивания и фильтрации применяют новый тип сооружений — контактный осветлитель (КО), который заменяет сооружения для обработки воды по указанной схеме (камеру реакции, отстойник и скорый фильтр). КО является разновидностью скорых фильтров. Это железобетонный или металлический резервуар, загруженный гравием (поддерживающий слой) и песком (фильтрующий слой), величина частиц которого постепенно уменьшается снизу вверх. На дне оборудуют дренаж из железобетонных плит или труб с отверстиями (рис. 18). Очищаемую воду вместе с коагулянтom подают в дренажное пространство. Она проходит через загрузку фильтра снизу вверх.

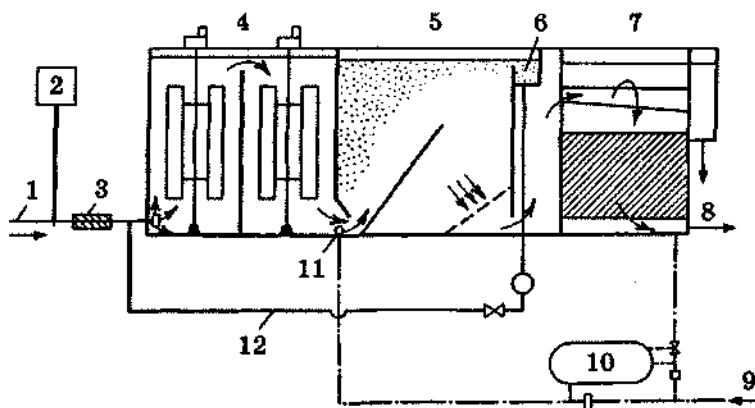


Рис. 19. Флотационное устройство:

1,8 — соответственно подача и отвод воды; 2 — реакгентное хозяйство; 3 — смеситель; 4 — флоккуляторы; 5 — флотатор; 6 — карман для сбора пены; 7 — скорый фильтр; 9 — подача сжатого воздуха; 10 — ресивер; 11 — диспергатор; 12 — рециркуляция шлама

Непосредственно перед подачей в КО обрабатываемой воды к ней добавляют раствор коагулянта, приводящий к нарушению агрегативной устойчивости примесей воды за очень короткий промежуток времени, который проходит от момента введения коагулянта до начала фильтрации. Дальнейший процесс осветления воды происходит не в свободном объеме, как в камерах реакции (хлопьеобразование), а на поверхности загрузки (контактная коагуляция). Во время прохождения воды через фильтрующий материал КО на поверхности зерен образуется гель, который их обволакивает и адсорбирует диспергированные взвешенные и коллоидные частицы, обуславливающие мутность и цветность воды. Скорость фильтрации на КО составляет 4,5—5,5 м/ч, продолжительность фильтроцикла — около 8 ч. Промывают КО в направлении снизу вверх в течение 7—8 мин. Промывная вода отводится желобами. КО удовлетворительно работают при мутности воды до 1500 мг/л и цветности — до 120°.

Флотация. Для маломутных вод с большим содержанием органических соединений (а иногда также железа), плохо поддающихся обработке в отстойниках и осветлителях, эффективным методом кондиционирования является флотация.

Флотация — это процесс, сущность которого заключается в том, что под действием молекулярных сил происходит слияние коллоидных и дисперсных примесей с пузырьками тонко диспергированного в воде воздуха. Комплексы, образовавшиеся при этом, всплывают и образуют на поверхности флотатора пену (рис. 19).

Флотируемость частиц разной величины зависит от размеров пузырьков воздуха и поверхностного натяжения на границе вода — воздух. С понижением поверхностного натяжения эффективность очистки воды методом флотации повышается. Для снижения поверхностного натяжения воды добавляют поверхностно активные вещества (флотореагенты), например натрия додецилсульфат, спирт оксисинтеза C_6-C_8 и др.

Специальные методы обработки воды

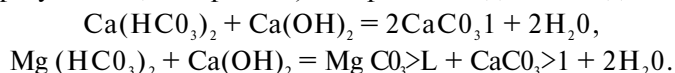
К специальным методам улучшения качества питьевой воды относятся кондиционирование минерального состава, удаление привкусов, запахов, дезактивация и т. д. Все виды кондиционирования минерального состава воды могут быть разделены на 2 группы: 1) удаление из воды излишка солей или газов (умягчение, опреснение, обезжелезивание, дезодорация, дезактивация, дефторирование и пр.); 2) добавление к воде тех или иных солей с целью улучшения ее органолептических свойства или повышения содержания микроэлементов, которых недостаточно в воде и пищевых продуктах (фторирование). После спецобработки на водопроводе вода подлежит обязательному обеззараживанию.

Дезодорация — устранение привкусов и запахов воды. Достигается аэрированием воды, обработкой окислителями (озонированием, хлора диоксидом, высокими дозами хлора, калия перманганатом), фильтрованием через слой активированного угля. Выбор метода дезодорации зависит от происхождения привкусов и запахов.

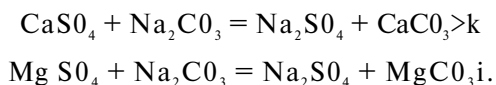
Обезжелезивание производится путем разбрызгивания воды с целью аэрации в специальных устройствах — градирнях. При этом двухвалентное железо окисляется в железа (III) гидроксид (см. с. 121), осаждающийся в отстойнике или задерживаемый на фильтре. Если концентрация солей железа превышает 5 мг/л, необходимо предварительное осаждение его солей.

Умягчение — снижение природной жесткости воды. К методам умягчения воды относятся: 1) реагентные; 2) ионного обмена; 3) термический.

Из реагентных методов наиболее распространенный *содово-известковый*, с помощью которого кальций и магний осаждаются в отстойнике в виде нерастворимых солей (кальция, магния карбонатов и др.). Известь (кальция гидроксид), внесенная в воду в большем количестве, чем это необходимо для связывания углекислоты (углерода диоксида), взаимодействует с кальция гидрокарбонатом, образуя кальция карбонат, который выпадает в осадок:



Для удаления кальция и магния сульфатов в воду добавляют раствор натрия карбоната:



Более современным методом является фильтрация воды через фильтры, заполненные ионитами, — катионитовое смягчение.

Иониты могут быть естественного или искусственного (минерального или органического) происхождения, практически нерастворимые в воде и органических растворителях. Способны обменивать свои ионы на ионы раствора. Большинство ионитов — высокомолекулярные соединения сетчатой или прост-

ранственной структуры. Иониты делят на катиониты (способны обменивать катионы) и аниониты (способны обменивать анионы).

С целью умягчения воду фильтруют через слой естественных (глауконитовый песок) или искусственных катионитов толщиной 2—4 м. При этом ионы кальция и магния (Ca^{2+} , Mg^{2+}) воды обмениваются на Na^+ или H^+ катионита. В практике водоподготовки могут быть использованы лишь те катиониты, которые получили гигиеническую оценку и разрешены для использования Министерством здравоохранения.

Умягчение воды *кипятиением* дает возможность избавить воду только от устранимой жесткости за счет разложения кальция и магния гидрокарбонатов до нерастворимых карбонатов, которые выпадают в осадок (уравнения химических реакций приведены на с. 158).

Выбор того или иного способа определяется необходимой степенью умягчения (наилучший результат, приближенный к 100%, дает использование катионитов), зависит от количества воды, которую необходимо обработать, технических и экономических расчетов.

Опреснение воды — это удаление растворенных в ней минеральных солей до величин, рекомендованных госстандартом, при которых вода становится пригодной для питья или технических нужд. Наиболее распространенными методами опреснения воды на водопроводах являются дистилляция, химические (ионный обмен, реагентные), с применением селективных мембран (электродиализ, гиперфильтрация) и др. Опресненную воду обрабатывают, оптимизируя для питья: фильтруют через активированный уголь (удаляют привкусы и запахи), фторируют и обогащают минеральными солями, пропуская через фильтры с мраморной крошкой и добавляя часть неопресненной воды.

Опреснение высокоминерализованных (солончатых и соленых, в том числе морских и океанических) вод является перспективным способом пополнения дефицита пресных вод в маловодных и аридных районах. Опреснение достигают или удалением из воды излишков солей, или сепарацией молекул H_2O . Сепарация связана в большинстве случаев (кроме метода экстракции и обратного осмоса) с переходом воды в парообразное или твердое (лед) состояние, то есть с изменением ее агрегатного состояния.

В промышленном масштабе используют 5 основных методов опреснения воды: дистилляции, вымораживания, обратного осмоса, электродиализа, ионного обмена.

Дистилляционный процесс является одним из наиболее дешевых, поэтому сегодня как по количеству опреснительных установок, так и, особенно, по их суммарной продуктивности *методы дистилляции* занимают доминирующее положение.

Производительность испарительных опреснительных установок существенно зависит от максимальной температуры нагревания опресняющейся воды и степени рекуперации тепла. По характеру использования тепловой энергии и степени ее рекуперации дистилляционные установки разделяют на одно-, многоступенчатые и парокомпрессионные.

Стоимость тепловой энергии составляет 30—40% стоимости опреснения воды методом дистилляции. В связи с этим в районах с высокой интенсивностью солнечной радиации нашли применение солнечные опреснители парникового типа или с концентрацией солнечного тепла зеркальными отражателями. Обычно максимальная температура нагревания воды в гелиоустановках не превышает 65—70 °С, а их производительность зависит от испаряющей поверхности и колеблется в пределах до 4—5 л/м² в сутки. Гелиоустановки применяют преимущественно для получения небольшого количества пресной воды.

Опреснение воды *методом вымораживания* основано на том, что температура замерзания соленой воды ниже температуры замерзания пресной. Методы вымораживания экономичнее дистилляции. Оптимальным является охлаждение воды при 0 °С. Важным условием является медленное течение термодинамических процессов. Технологией этой группы методов предусмотрена двухэтапность процесса: I этап — частичное опреснение льда при медленном замерзании воды ниже 0 °С (образование агрегатов из кристаллов пресного льда, между которыми имеются пустоты, заполненные замерзшим рассолом); II этап — получение пресной воды при медленном растапливании льда (сначала тает и стекает с первыми порциями воды рассол, лед опресняется и при дальнейшем таянии образуется пресная вода).

Мембранные методы являются самыми простыми, однако они рентабельны лишь при обработке воды с невысоким содержанием солей.

Электродиализный метод опреснения воды основан на принципе разделения солей в электрическом поле через селективные полупроницаемые ионитовые мембраны: катионы солей, двигаясь под воздействием электрического тока к катоду, свободно проходят через катионитовые мембраны и задерживаются анионитовыми, анионы солей — наоборот. Попеременное размещение мембран в электродиализном аппарате обуславливает образование камер опресненной воды, чередующихся с камерами концентрата.

Метод обратного осмоса (гиперфильтрация) основан на опреснении воды путем фильтрации ее под высоким давлением (50—100 атм) через полупроницаемые мембраны, которые пропускают молекулы воды, но задерживают более крупные гидратированные ионы растворенных в воде солей. Сегодня широкое применение получили мембраны из ацетатов целлюлозы, полиамидных соединений, полиакриловой кислоты, нейлона.

Метод ионного обмена широко применяют для опреснения вод с содержанием соли до 2—3 г/л, умягчения и глубокого обессоливания пресных вод. Основан он на применении практически нерастворимых в воде ионообменных зернистых материалов — катионитов и анионитов.

Для опреснения воды обычно используют катеониты в водородной и аниониты в гидроксильной формах, то есть, предварительно заряженные соответственно обменными катионами водорода (Н-катионит) или гидроксильными анионами (ОН-анионит). Реакции ионного обмена подчиняются закону действия масс, поэтому регенерация катионитов и анионитов при их истощении со-

ответственно осуществляется концентрированными в достаточной мере раст-
ворами кислот и оснований.

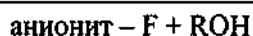
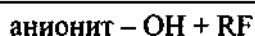
Опресненные воды обычно не совсем пригодны для питья, что обуслов-
ливает потребность в соответственном их кондиционировании: улучшении ор-
ганолептических свойств, доочистке, коррекции макро- и микроэлементного
состава, обеззараживании. Санитарно-технические требования к качеству на-
чальных и опресненных вод, а также к применению различных методов опрес-
нения высокоминерализованных вод для питьевых целей отражены в документе
ВОЗ "Гигиенические аспекты опреснения воды", 1980 г. ("Guideliness on Health
Aspects of Water Desalination", Sidorenko G.I., Rachmanin Y.A. WHO, Geneva,
ETS/80.4. — 60 p.).

Дезактивация. Коагуляция, отстаивание и фильтрация воды на водопро-
водах снижает содержание радиоактивных веществ в ней на 70—80%. С целью
более глубокой дезактивации воду фильтруют через катионо- и анионообмен-
ные смолы.

Дефторирование воды. Показания к использованию этого метода — по-
вышенное (свыше 1,5 мг/л) содержание фтора в воде и большое количество
среди населения больных флюорозом зубов II и выше степеней. Дефторирова-
ние воды показано лишь тогда, когда для оздоровления эндемического очага
флюороза невозможно изменить источник водоснабжения или разбавлять его
воду водой с низкой концентрацией фтора.

При дефторировании концентрацию фтора в воде доводят до оптимальной
для определенной местности. Для удаления из воды избытка фтора предложено
множество методов, которые можно разделить на реагентные (методы осажде-
ния) и фильтрационные. Реагентные методы основываются на сорбции фтора
свежеосажденными алюминия или магния гидроксидами. Этот метод рекоме-
ндуется для обработки поверхностных вод, так как, кроме фторирования, до-
стигается еще и осветление, и обесцвечивание.

Очищение воды от излишка фтора можно проводить при помощи ее филь-
трования через анионообменные смолы:



В качестве ионообменного материала часто используют активированный
и гранулированный алюминия оксид. Иногда уменьшить содержание фтора в
воде можно за счет разведения ее водой из источника с минимальным количест-
вом фтора.

Фторирование воды. Выбор дозы фтора должен обеспечить противо-
кариозный эффект. Однако, если содержание фтор-иона в воде превышает
1,5—2,0 мг/л, это приведет к поражению населения флюорозом. Вот почему во
время фторирования воды содержание в ней фтор-иона должно быть в преде-
лах 70—80% от максимальных уровней в соответствии с разными климатичес-
кими районами — в пределах 0,7—1,5 мг/л.

Для фторирования питьевой воды можно использовать фторсодержащие
соединения, в частности кремнефтористый натрий (Na_2SiF_6), кремнефто-

ристую кислоту H_2SiF_6 , натрия фторид (NaF), кремнефтористый аммоний $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$, кальция фторид (CaF_2), фтористоводородную кислоту (HF) и т. п.¹

Есть два способа фторирования воды: на протяжении года одной дозой и посезонно зимней и летней дозами. В первом случае на протяжении года добавляют одинаковую дозу фтора, которая отвечает климатическим условиям населенного пункта. Если доза изменяется в зависимости от сезона года, то в холодный период, когда среднемесячная температура воздуха (в 13.00) не превышает 17—18 °С, воду можно фторировать на уровне 1 мг/л, а в теплый период (например, в июне — августе) — на более низком уровне. Это зависит от средней максимальной температуры (в 13.00) в эти месяцы. Например, при температуре 22—26 °С используют дозу 0,8 мг/л фтор-иона, при 26—30 °С и выше — 0,7 мг/л.

Обеззараживание питьевой воды

Обеззараживание питьевой воды служит для создания надежного барьера на пути передачи водным путем возбудителей инфекционных болезней. Методы обеззараживания воды направлены на уничтожение патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, чем обеспечивается эпидемическая безопасность воды.

Воду обеззараживают на конечном этапе очистки после осветления и обесцвечивания перед поступлением в резервуары чистой воды, которые одновременно выполняют функции контактных камер. Для обеззараживания воды применяют реагентные (химические) и безреагентные (физические) методы. Реагентные методы основаны на введении в воду сильных окислителей (хлорирование, озонирование, манганирование, обработка воды йодом), ионов тяжелых металлов и ионов серебра. К безреагентным относятся термическая обработка, ультрафиолетовое облучение, обработка ультразвуком, у-облучение, обработка током сверхвысокой частоты. Метод выбирают в зависимости от количества и качества исходной воды, методов ее предварительной очистки, требований к надежности обеззараживания, с учетом технико-экономических показателей, условий поставки реагентов, наличия транспорта, возможности автоматизации процесса.

Обеззараживание воды хлором и его соединениями. На сегодняшний день наиболее распространенным методом обеззараживания воды на водопроводных станциях остается хлорирование. Среди хлорсодержащих соединений, учитывая определенные гигиенические и технические преимущества, чаще всего используют жидкий хлор. Возможно также применение хлорной извести, кальция и натрия гипохлорита, хлора диоксида, хлораминов и др.

Для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения допускаются лишь фторсодержащие соединения, прошедшие гигиеническую апробацию и включенные в "Перечень материалов и реагентов, разрешенных Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения (№ 3235-85)".

Впервые в практике водоподготовки хлор был применен задолго до открытия Л. Пастером микробов, доказательства Р. Кохом этиологического значения патогенных микроорганизмов в развитии инфекционных болезней, окончательного осознания Т. Эшерихом микробиологической сущности водных эпидемий и бактерицидных свойств хлора. Применяли его с целью дезодорации воды, которая имела неприятный "септический" запах. Хлор оказался очень эффективным дезодорантом и, кроме того, после обработки воды хлором у людей значительно реже диагностировали кишечные инфекции. С началом хлорирования воды во многих странах Европы прекратились эпидемии брюшного тифа и холеры. Было высказано предположение, что причиной болезней были плохой запах и вкус воды, которые эффективно устранял хлор. Лишь со временем доказали микробную этиологию водных эпидемий кишечных инфекций и признали роль хлора в качестве обеззараживающего агента.

Для хлорирования воды применяют жидкий хлор, который хранится под давлением в специальной таре (баллонах), или вещества, содержащие активный хлор.

Хлорирование воды жидким хлором. Хлор (Cl_2) при нормальном атмосферном давлении является газом зеленовато-желтого цвета, который в 1,5—2,5 раза тяжелее воздуха, с резким и неприятным запахом, хорошо растворяется в воде, при повышении давления легко сжижается. Атомный вес хлора — 35,453, молекулярная масса — 70,906 г/моль. Хлор может находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном.

Хлор на водопроводные станции для обеззараживания воды доставляют жидким в баллонах под давлением. Хлорирование осуществляют при помощи хлораторов. В них готовят раствор хлора, который вводят непосредственно в трубопровод, по которому вода поступает в РЧВ. Используют хлораторы Л.А. Кульского (рис. 20), вакуумные хлораторы ЛОНИИ-100, Ж-10, ЛК-12, ХВ-11. Принципиальная схема хлоратора ЛОНИИ-100 изображена на рис. 21.

При подключении баллона к хлоратору жидкий хлор испаряется. Газообразный хлор очищается в баллоне и на фильтре, и после снижения его давления с помощью редуктора до 0,001—0,02 МПа его смешивают в смесителе с водой. Из смесителя концентрирован-

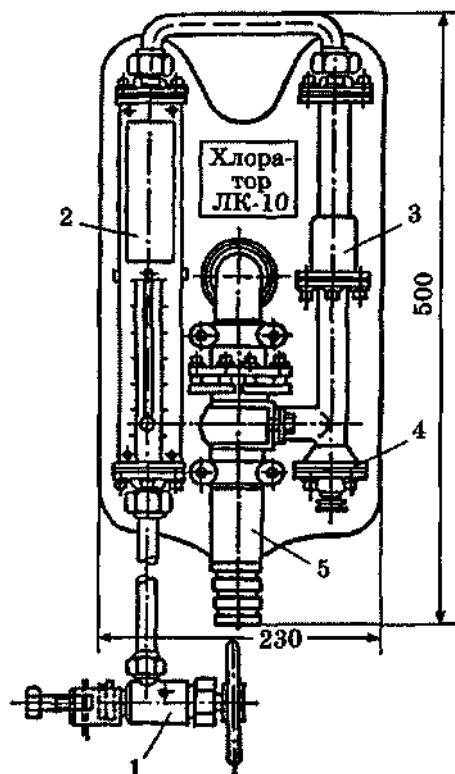


Рис. 20. Вакуумный хлоратор Л.А. Кульского: 1 — вентиль; 2 — фильтр; 3 — редукционный клапан; 4 — обратный клапан; 5 — цилиндрический смеситель

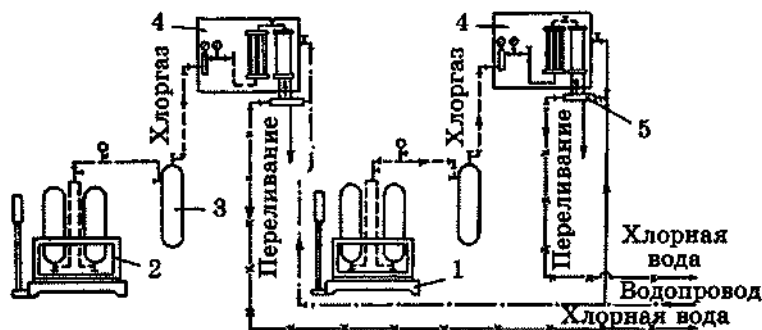


Рис. 21. Технологическая схема типичной хлораторной на 3 кг/ч:

1 — весы платформенные; 2 — стояки с баллонами; 3 — улавливатель загрязнений; 4 — хлораторы ЛОНИИ-100; 5 — эжекторы

ный раствор всасывается эжектором и подается в трубопровод. Хлораторы типа ЛК, конструкция которых проще, а точность ниже используют для станций больших мощностей. Эти хлораторы не требуют предварительной очистки хлора, не так точны в дозировании, но могут подавать хлорную воду на высоту 20—30 м. После же эжектора от ЛОНИИ-100 напор составляет лишь 1—2 м.

Во время растворения хлора в воде происходит его гидролиз с образованием хлоридной (соляной) и гипохлоритной (или хлорноватистой) кислот:



Хлорноватистая кислота HClO является слабой одноосновной нестойкой кислотой, которая легко диссоциирует, образуя гипохлорит-ион (ClO^-):



Степень диссоциации хлорноватистой кислоты зависит от pH воды. При $\text{pH} < 5$ (по Л. Кульскому) почти весь свободный хлор остается в виде неионизированной хлорноватистой кислоты (HClO). При повышении pH возрастает степень диссоциации хлорноватистой кислоты. При pH свыше 9,2 (по Л. Кульскому) почти весь свободный хлор находится в виде иона гипохлорита (ClO^-). Окислительное действие (окислительный потенциал) имеет как гипохлоритная кислота, так и гипохлорит-ион. Именно поэтому обе эти формы способны оказывать бактерицидное влияние. Их называют свободным активным хлором. Окислителем является и молекулярный хлор (Cl_2), который также рассматривается как одна из форм свободного активного хлора¹.

Кроме того, хлорноватистая кислота распадается с образованием атомарного кислорода, который также является сильным окислителем:

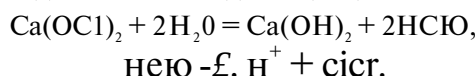


Активным хлором называется такой, который способен при pH 4 выделять эквивалентное количество йода из водных растворов калия йодида. Различают свободный (молекулярный хлор, хлорноватистая кислота, гипохлорит-ион) и связанный (хлор, входящий в состав органических и неорганических моно- и дихлораминов) активный хлор.

Раньше считали, что именно этот атомарный кислород оказывает бактерицидное действие. Сегодня доказано, что обеззараживающий эффект жидкого хлора, а также хлорной извести, кальция и натрия гипохлоритов, двухтретиосновной соли кальция гипохлорита обусловлен окислителями, которые образуются в воде при растворении хлорсодержащих соединений, причем прежде всего — действием гипохлоритной кислоты, а затем — гипохлоритного аниона и наконец атомарного кислорода.

Хлорирование воды гипохлоритами (солями хлорноватистой кислоты) проводят на водопроводных станциях низкой мощности. Гипохлориты также используют для длительного обеззараживания воды в шахтных колодцах при помощи керамических патронов, для обеззараживания воды в полевых условиях, в том числе с использованием тканево-угольных фильтров и др.

Для дезинфекции питьевой воды используют *кальция гипохлорит* $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. В процессе его растворения в воде происходит гидролиз с образованием хлорноватистой кислоты и дальнейшей ее диссоциацией:



В зависимости от способа производства кальция гипохлорит может содержать от 57—60% до 75—85% активного хлора. Вместе с чистым гипохлоритом для обеззараживания воды используют смесь кальция гипохлорита с другими солями (NaCl , CaCl_2). Такие смеси содержат до 60—75% чистого гипохлорита.

На станциях с расходом активного хлора до 50 кг/сут можно использовать для обеззараживания воды *натрия гипохлорит* ($\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Этот кристаллогидрат получают из раствора натрия хлорида (NaCl) электролитическим способом.

Натрия хлорид в воде диссоциирует с образованием катиона натрия и аниона хлора:



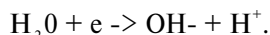
Во время электролиза на аноде происходит разряжение ионов хлора и образуется молекулярный хлор:



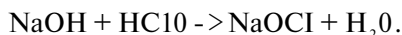
Образовавшийся хлор растворяется в электролите:



На катоде происходит разряд молекул воды:



Атомы водорода после рекомбинации в молекулярный водород выделяются из раствора в виде газа. Гидроксильные анионы OH^- , оставшиеся в воде, реагируют с катионами натрия Na^+ , вследствие чего образуется NaOH . Натрия гидроксид взаимодействует с хлорноватистой кислотой с образованием натрия гипохлорита:



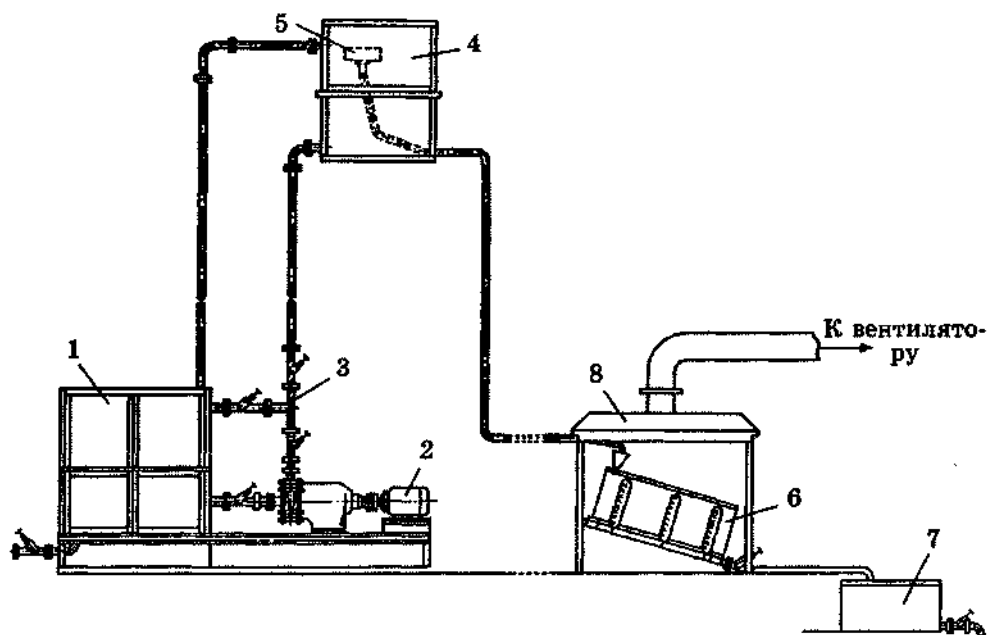
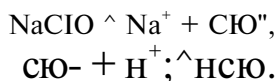


Рис. 22. Технологическая схема электролитического получения натрия гипохлорита: 1 — растворный бак; 2 — насос; 3 — распределительный тройник; 4 — рабочий бак; 5 — дозатор; 6 — электролизер с графитовыми электродами; 7 — бак-накопитель натрия гипохлорита; 8 — зонт вытяжной вентиляции

Натрия гипохлорит в значительной мере диссоциирует с образованием СЮ", который обладает высокой антимикробной активностью:

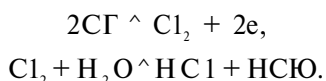


Электролизерные установки разделяют на проточные и порционные. В их состав входят электролизеры, разнотипные баки. Принципиальная схема порционной установки изображена на рис. 22. Раствор натрия хлорида 10% концентрации подают в бак постоянного уровня, откуда он вытекает с постоянным расходом. После заполнения бачка-дозатора срабатывает сифон и сливает определенный объем раствора в электролизер. Под воздействием электрического тока в электролизере образуется натрия гипохлорит. Новые порции раствора соли выталкивают натрия гипохлорит в расходный бак, из которого он дозируется насосом-дозатором. Бак-накопитель должен вмещать объем натрия гипохлорита не менее чем на 12 ч.

Преимуществом получения натрия гипохлорита электролитическим методом в месте употребления является то, что отпадает необходимость в транспортировке и хранении токсического сжиженного хлора. Среди недостатков можно назвать значительные энергозатраты.

Обеззараживание воды прямым электролизом. Метод состоит в прямом электролизе пресной воды, в которой природное содержание хлоридов не ни-

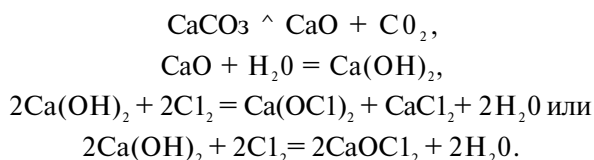
же 20 мг/л, а жесткость — не выше 7 мг-экв/л. Применяют на водопроводных станциях мощностью до 5000 м³/сут. Вследствие прямого электролиза на аноде происходит разряжение находящихся в воде хлорид-ионов и образуется молекулярный хлор, который гидролизуется с образованием хлорноватистой кислоты:



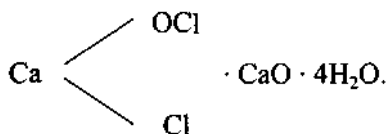
Во время обработки электролизом воды с pH в пределах 6—9 главными дезинфекционными агентами являются хлорноватистая (гипохлоритная) кислота HClO, гипохлорит-анион ClO⁻ и монохлорамины NH₂Cl, которые образуются вследствие реакции между HClO и аммонийными солями, содержащимися в природной воде. Одновременно во время обработки воды электролитическим методом на микроорганизмы действует электрическое поле, в котором они находятся, что усиливает бактерицидный эффект.

Обеззараживание воды хлорной известью применяют на малых водопроводных станциях (производительностью до 3000 м³/сут), предварительно приготовив раствор. Хлорной известью также заполняют керамические патроны для обеззараживания воды в шахтных колодцах или на локальных водопроводах.

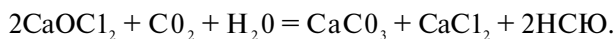
Хлорная известь — белый порошок с резким запахом хлора и сильными окисляющими свойствами. Это смесь кальция гипохлорита и кальция хлорида. Получают хлорную известь из известняков. Кальция карбонат при температуре 700 °С распадается с образованием негашеной извести (кальция оксид), которая после взаимодействия с водой превращается в гашеную известь (кальция гидроксид). При взаимодействии хлора с гашеной известью образуется хлорная известь:



Основную составную часть хлорной извести выражают формулой:



Технический продукт содержит не более 35% активного хлора. В процессе хранения хлорная известь частично разлагается. То же происходит с кальция гипохлоритом. Свет, влажность и высокая температура ускоряют потерю активного хлора. Хлорная известь теряет приблизительно 3—4% активного хлора в месяц вследствие реакций гидролиза и разложения на свету. Во влажном помещении хлорная известь разлагается, образуя хлорноватистую кислоту:



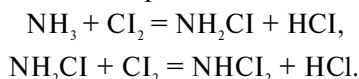
Поэтому перед использованием хлорной извести и кальция гипохлорита проверяют их активность — выраженное в процентах содержание активного хлора в хлорсодержащем препарате.

Бактерицидным действием хлорная известь, так же, как и гипохлориты, обязана группе (ОСГ), которая в водной среде образует хлорноватистую кислоту:



Хлора диоксид (ClO₂) — газ желто-зеленого цвета, легко растворяется в воде (при температуре 4 °С в 1 объеме воды растворяется 20 объемов газообразного ClO₂). Не гидролизует. Его целесообразно применять в случае, если особенности природной воды являются неблагоприятными для эффективного обеззараживания хлором, например, при высоких значениях рН или в присутствии аммиака. Однако получение хлора диоксида является сложным процессом, который требует специального оборудования, квалифицированного персонала, дополнительных финансовых затрат. Кроме того, хлора диоксид взрывоопасен, что требует строгого соблюдения требований техники безопасности. Указанное ограничивает использование хлора диоксида для обеззараживания воды на хозяйственно-питьевых водопроводах.

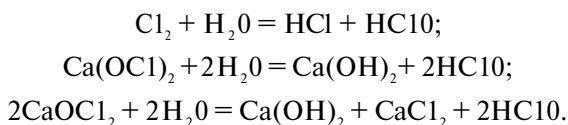
К хлорсодержащим препаратам относятся и *хлорамины (неорганические и органические)*, которые в практике водоподготовки используют ограничено, но применяют как обеззараживающие агенты во время проведения мероприятий по дезинфекции, в частности в лечебно-профилактических учреждениях. Неорганические хлорамины (моноклорамины NH₂Cl и дихлорамины NHCl₂) образуются при взаимодействии хлора с аммиаком или аммонийными солями:



Вместе с неорганическими соединениями хлора для обеззараживания используют и органические хлорамины (RNHCl, RNC₂). Их получают в процессе взаимодействия хлорной извести с аминами или их солями. При этом один или два атома водорода аминной группы замещаются хлором. Разные хлорамины содержат 25—30% активного хлора.

Процесс обеззараживания воды хлорсодержащими препаратами происходит в несколько стадий:

1. Гидролиз хлора и хлорсодержащих препаратов:



2. Диссоциация хлорноватистой кислоты.

При рН ~ 7,0 HCIO диссоциирует: $\text{HCIO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$.

3. Диффузия в бактериальную клетку молекулы HCIO и иона ClO⁻.

4. Взаимодействие обеззараживающего агента с ферментами микроорганизмов, которые окисляются хлорноватистой кислотой и гипохлорит-ионом.

Активный хлор (НСЮ и СЮ") сначала диффундирует внутрь бактериальной клетки, а затем вступает в реакцию с ферментами. Наибольшее бактерицидное и вирулицидное действие оказывает недиссоциированная хлорноватистая кислота (НСЮ). Скорость процесса обеззараживания воды определяется кинетикой диффузии хлора внутрь бактериальной клетки и кинетикой отмирания клеток в результате нарушения метаболизма. С повышением концентрации хлора в воде, ее температуры и с переходом хлора в недиссоциированную форму легко диффундируемой хлорноватистой кислоты общая скорость процесса дезинфекции повышается.

Механизм бактерицидного действия хлора состоит в окислении органических соединений бактериальной клетки: коагуляции и повреждении ее оболочки, угнетении и денатурации ферментов, обеспечивающих обмен веществ и энергии. Наиболее всего повреждаются тиоловые ферменты, содержащие SH-группы, которые окисляются хлорноватистой кислотой и ионом гипохлорита. Среди тиоловых ферментов активнее всего угнетается группа дегидрогеназ, которые обеспечивают дыхание и энергетический обмен бактериальной клетки¹. Под влиянием хлорноватистой кислоты и гипохлорит-иона угнетаются дегидрогеназы глюкозы, этилового спирта, глицерина, янтарной, глютаминовой, молочной, пировиноградной кислот, формальдегида и др. Угнетение дегидрогеназ приводит к торможению процессов окисления на начальных этапах. Последствием этого является как торможение процессов размножения бактерий (бактериостатическое действие), так и их гибель (бактерицидное действие).

Механизм действия активного хлора на вирусы состоит из двух фаз. Сначала происходят адсорбция хлорноватистой кислоты и гипохлорит-иона на оболочке вируса и проникновение через нее, а затем — инаktivация ими РНК или ДНК вируса.

С повышением значения рН бактерицидность хлора в воде снижается. Например, для уменьшения количества бактерий в воде на 99% при дозе свободного хлора 0,1 мг/л продолжительность контакта увеличивается с 6 до 180 мин при повышении рН соответственно с 6 до 11. Следовательно воду целесообразно обеззараживать хлором при низких значениях рН, то есть до введения щелочных реагентов.

Наличие в воде органических соединений, способных к окислению, неорганических восстановителей, а также коллоидных и взвешенных веществ, обволакивающих микроорганизмы, приводит к замедлению процесса обеззараживания воды.

Взаимодействие хлора с компонентами воды — сложный и многостадийный процесс. Небольшие дозы хлора полностью связываются органическими веществами, неорганическими восстановителями, взвешенными частицами, гуминовыми веществами и микроорганизмами воды. Для надежного обеззараживающего эффекта воды после ее хлорирования необходимо определять остаточные концентрации свободного или связанного активного хлора.

Энергетический метаболизм у бактерий происходит в мезосомах — аналогах митохондрий.

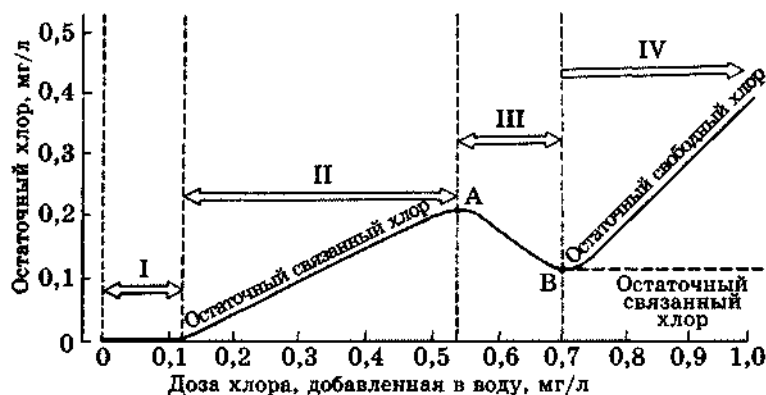
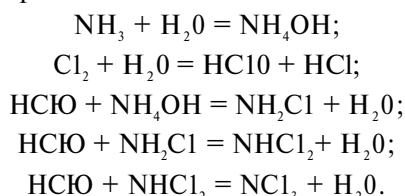


Рис. 23. График зависимости величины и вида остаточного хлора от введенной дозы хлора

На рис. 23 приведена зависимость между дозой введенного хлора и остаточным хлором при наличии в воде аммиака или аммонийных солей. При хлорировании воды, не содержащей аммиака или других азотсодержащих соединений, с увеличением количества внесенного в воду хлора возрастает содержание в ней остаточного свободного хлора. Но картина меняется при наличии в воде аммиака, аммонийных солей и других азотсодержащих соединений, которые являются составной частью природной воды или искусственно вносятся в нее. При этом хлор и хлорные агенты взаимодействуют с присутствующим в воде аммиаком, аммонийными и органическими солями, содержащими аминогруппы. Это приводит к образованию моно- и дихлораминов, а также чрезвычайно нестойких трихлораминов:

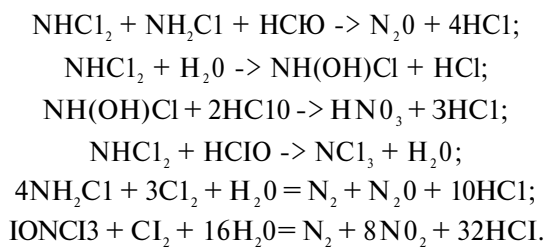


Хлорамины представляют собой связанный активный хлор, обладающий бактерицидным действием, которое в 25—100 раз меньше, чем у свободного хлора. Кроме того, в зависимости от pH воды изменяется соотношение между моно- и дихлораминами (рис. 24). При низких значениях pH (5—6,5) преимущественно образуются дихлорамины, а при больших значениях pH (больше 7,5) — монохлорамины, бактерицидное действие которых в 3—5 раз слабее, чем дихлораминов. Бактерицидность неорганических хлораминов в 8—10 раз выше, чем хлорпроизводных органических аминов и иминов. При добавлении к воде невысоких доз хлора при молярном соотношении $\text{Cl}_2 : \text{NH}^* < 1$ образуются моно- и дихлорамины. Поэтому на отрезке II кривой (см. рис. 23) в воде

Безаммиачной воды в природе нет. Ее можно приготовить лишь в лабораторных условиях из дистиллированной воды.

накапливается остаточный связанный с аминами хлор. При увеличении дозы хлора образуется больше хлораминов и концентрация остаточного связанного хлора повышается до максимума (точка А).

При дальнейшем увеличении дозы хлора молярное соотношение введенного хлора и иона NH^+ , содержащего в воде, становится больше единицы. При этом моно-, ди- и, особенно, трихлорамины окисляются избыточным хлором в соответствии с приведенными реакциями:



При молярном соотношения $\text{Cl}_2 : \text{NH} \setminus$ до 2 (10 мг Cl_2 на 1 мг N_2 в виде $\text{NH} \setminus$) вследствие окисления хлораминов избыточным хлором количество остаточного связанного хлора в воде резко снижается (отрезок III) до минимальной точки (точки В), которая называется точкой перелома. Графически она имеет вид глубокого провала на кривой остаточного хлора (см. рис. 23).

При дальнейшем увеличении дозы хлора после точки перелома концентрация остаточного хлора в воде вновь начинает постепенно возрастать (отрезок IV на кривой). Этот хлор не связан с хлораминами, носит название свободного остаточного (активного) хлора и имеет наивысшую бактерицидную активность. Действует на бактерии и вирусы подобно активному хлору при отсутствии в воде аммиака и аммонийных соединений.

Как свидетельствуют данные исследований, воду можно обеззараживать двумя дозами хлора: до- и послепереломной. Однако при хлорировании допереломной дозой вода обеззараживается за счет действия хлораминов, а при хлорировании послепереломной — свободного хлора.

Во время обеззараживания воды добавляемый хлор расходуется как на взаимодействие с микробными клетками и вирусами, так и на окисление органических и минеральных соединений (мочевины, мочевой кислоты, креатинина, аммиака, гуминовых веществ, солей двухвалентного железа, аммонийных солей, карбаматов и др.), которые содержатся в воде во взвешенном и раство-

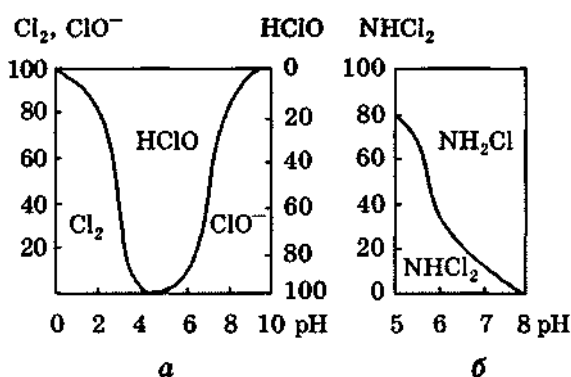


Рис. 24. Формы соединений хлора при разных pH: а — гидролиз хлора; б — в присутствии моно- и дихлораминов

ренном состоянии. Количество хлора, поглощенное примесями воды (органическими веществами, неорганическими восстановителями, взвешенными частицами, гуминовыми веществами и микроорганизмами), называется хлорпоглощаемостью воды (отрезок I на кривой). Поскольку природные воды имеют различный состав, то и величина хлорпоглощаемости у них неодинакова. Таким образом, *хлорпоглощаемость* — это количество активного хлора, которое поглощается взвешенными частицами и расходуется на окисление бактерий, органических и неорганических соединений, содержащихся в 1 л воды.

Рассчитывать на успешное обеззараживание воды можно лишь при наличии некоторого избытка хлора по отношению к количеству, которое поглощается бактериями и различными соединениями, содержащимися в воде. Эффективной является доза активного хлора, равная суммарному количеству поглощенного и остаточного хлора. С присутствием в воде остаточного хлора (или, как его еще называют, избыточного) связано представление об эффективности обеззараживания воды.

При хлорировании воды жидким хлором, кальция и натрия гипохлоритами, хлорной известью 30-минутный контакт обеспечивает надежный обеззараживающий эффект при концентрации остаточного хлора не меньше 0,3 мг/л. Но при хлорировании с преаммонизацией контакт должен быть на протяжении 1—2 ч, а эффективность обеззараживания будет гарантированной при наличии остаточного связанного хлора в концентрации не менее 0,8 мг/л.

Хлор и хлорсодержащие соединения в значительной мере влияют на органолептические свойства питьевой воды (запах, привкус), а в определенных концентрациях раздражают слизистые оболочки ротовой полости и желудка. Предельная концентрация остаточного хлора, при которой питьевая вода не приобретает хлорного запаха и привкуса, установлена для свободного хлора на уровне 0,5 мг/л, а для связанного — 1,2 мг/л. По токсикологическим признакам предельной концентрацией активного хлора в питьевой воде является 2,5 мг/л'.

Следовательно, для обеззараживания воды необходимо добавить такое количество хлорсодержащего препарата, чтобы после обработки вода содержала 0,3—0,5 мг/л остаточного свободного или 0,8—1,2 мг/л остаточного связанного хлора. Такой избыток активного хлора не ухудшает вкуса воды, не вредит здоровью, но гарантирует ее надежное обеззараживание.

Таким образом, для эффективного обеззараживания к воде добавляют дозу активного хлора, равную сумме хлорпоглощаемости и остаточного активного хлора. Эта доза называется хлорпотребностью воды.

Хлорпотребность воды — это количество активного хлора (в миллиграммах), необходимое для эффективного обеззараживания 1 л воды и обеспечивающее содержание остаточного свободного хлора в пределах 0,3—0,5 мг/л после 30-минутного контакта с водой, или количество остаточного связанного хлора в пределах 0,8—1,2 мг после 60-минутного контакта. Содержание остаточного

Предельная концентрация хлора диоксида в питьевой воде — не выше 0,5 мг/л, лимитирующий показатель водного действия — органолептический.

активного хлора контролируют после резервуаров чистой воды перед подачей в водопроводную сеть. Поскольку хлорпоглощаемость воды зависит от ее состава и является неодинаковой для воды из разных источников, то в каждом случае хлорпотребность определяют экспериментально путем пробного хлорирования. Ориентировочно хлорпотребность осветленной и обесцвеченной коагуляцией, отстаиванием и фильтрацией речной воды колеблется в пределах 2—3 мг/л (иногда — до 5 мг/л), воды подземных межпластовых вод — в пределах 0,7—1 мг/л.

Факторы, влияющие на процесс хлорирования воды, связаны с: 1) биологическими особенностями микроорганизмов; 2) бактерицидными свойствами хлорсодержащих препаратов; 3) состоянием водной среды; 4) с условиями, в которых осуществляется обеззараживание.

Известно, что споровые культуры во много раз более устойчивы, чем вегетативные формы к действию дезинфицирующих средств. Энтеровирусы более стойкие, чем кишечные бактерии. Сапрофитные микроорганизмы более резистентны, чем патогенные. При этом среди патогенных микроорганизмов наиболее чувствительными к хлору являются возбудители брюшного тифа, дизентерии, холеры. Возбудитель паратифа В более стойкий к действию хлора. Кроме того, чем выше инициальная контаминация воды микроорганизмами, тем ниже при одинаковых условиях эффективность обеззараживания.

Бактерицидная активность хлора и его соединений связана с величиной его окислительно-восстановительного потенциала. Окислительно-восстановительный потенциал возрастает при одинаковых концентрациях в ряду: хлорамин —> хлорная известь -> хлор —> хлора диоксид.

Эффективность хлорирования зависит от свойств и состава водной среды, а именно: от содержания взвешенных веществ и коллоидных соединений, концентрации растворенных органических соединений и неорганических восстановителей, pH воды, ее температуры.

Взвешенные вещества и коллоиды препятствуют воздействию дезинфицирующего агента на микроорганизмы, находящиеся в толще частицы, поглощают активный хлор вследствие адсорбции и химического связывания. Влияние на эффективность хлорирования органических соединений, растворенных в воде, зависит как от их состава, так и от свойств хлорсодержащих препаратов. Так, азотсодержащие соединения животного происхождения (белки, аминокислоты, амины, мочевины) активно связывают хлор. Соединения, не содержащие азота (жиры, углеводы), слабее реагируют с хлором. Поскольку наличие в воде взвешенных веществ, гуминовых и других органических соединений снижает эффект хлорирования, для надежного обеззараживания мутные и повышенной цветности воды предварительно осветляют и обесцвечивают.

При снижении температуры воды до 0—4 °С уменьшается бактерицидный эффект хлора. Эта зависимость особенно заметна в опытах с высокой инициальной контаминацией воды и в случае хлорирования ее невысокими дозами хлора. В практике работы водопроводных станций, если загрязнение воды источника отвечает требованиям Госстандарта 2761-84 "Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические

требования и контроль за качеством", снижение температуры заметно не влияет на эффективность обеззараживания.

Механизм влияния рН воды на ее обеззараживание хлором связан с особенностями диссоциации хлорноватистой кислоты: в кислой среде равновесие смещается в сторону молекулярной формы, в щелочной — ионной. Хлорноватистая кислота в недиссоциированной молекулярной форме лучше проникает через оболочки в середину бактериальной клетки, чем гидратированные ионы гипохлорита. Поэтому в кислой среде процесс обеззараживания воды ускоряется.

На бактерицидный эффект хлорирования значительно воздействуют доза реагента и продолжительность контакта: бактерицидный эффект возрастает при повышении дозы и увеличении продолжительности действия активного хлора.

Способы хлорирования воды. Существует несколько способов хлорирования воды с учетом характера остаточного хлора, выбор которых определяется особенностями состава обрабатываемой воды. Среди них: 1) хлорирование послепереломными дозами; 2) обычное хлорирование или хлорирование по хлорпотребности; 3) суперхлорирование; 4) хлорирование с преаммонизацией. В первых трех вариантах воду обеззараживают свободным активным хлором. При хлорировании с преаммонизацией бактерицидный эффект обусловлен действием хлораминов, т. е. связанного активного хлора. Кроме того, применяются комбинированные способы хлорирования.

Хлорирование *послепереломными дозами* предусматривает, что после 30 мин контакта в воде будет присутствовать свободный активный хлор. Дозу хлора подбирают таким образом, чтобы она была несколько выше той дозы, при которой образуется перелом на кривой остаточного хлора, т. е. в диапазоне IV (см. рис. 23). Подобранная таким способом доза обуславливает появление в воде остаточного свободного хлора в наименьшем количестве. Этот метод отличается тщательным подбором дозы. Он дает стойкий и надежный бактерицидный эффект, препятствует появлению запахов в воде.

Обычное хлорирование (хлорирование по хлорпотребности) является наиболее распространенным способом обеззараживания питьевой воды при централизованном хозяйственно-питьевом водоснабжении. Хлорирование по хлорпотребности проводится такой послепереломной дозой, которая через 30 мин контакта обеспечивает присутствие в воде остаточного свободного хлора в пределах 0,3—0,5 мг/л.

Поскольку природные воды существенно отличаются по составу и поэтому имеют различную хлорпоглощаемость, хлорпотребность определяют экспериментально путем опытного хлорирования воды, подлежащей обеззараживанию. Помимо правильного выбора дозы хлора, обязательным условием эффективного обеззараживания воды является тщательное смешивание и время экспозиции, т. е. время контакта хлора с водой (не менее 30 мин).

Как правило, на водопроводных станциях хлорирование по хлорпотребности проводят после осветления и обесцвечивания воды. Хлорпотребность такой воды колеблется в пределах 1—5 мг/л. Оптимальную дозу хлора вводят в воду сразу после фильтрации перед РЧВ.

Исходя из хлорпотребности, можно проводить и *двойное хлорирование*, при котором первый раз хлор подают в смеситель перед камерой реакции, а второй — после фильтров. При этом экспериментально определенную оптимальную дозу хлора не изменяют. Хлор при введении в смеситель перед камерой реакции улучшает коагуляцию и обесцвечивание воды, чем дает возможность снизить дозу коагулянта. Кроме того, он угнетает рост микрофлоры, которая загрязняет песок на фильтрах. Общие расходы хлора при двойном хлорировании практически не увеличиваются и остаются почти такими же, как и при однократном.

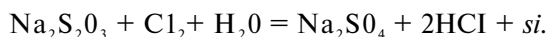
Двойное хлорирование заслуживает широкого применения. К нему следует обращаться в тех случаях, когда загрязнение речной воды сравнительно высокое или подвержено частым колебаниям. Двойное хлорирование повышает санитарную надежность обеззараживания воды.

Суперхлорирование (перехлорирование) является способом обеззараживания воды, при котором используются повышенные дозы активного хлора (5—20 мг/л). Эти дозы фактически являются послепереломными. К тому же они значительно превышают хлорпотребность природной воды и обуславливают наличие в ней высоких (свыше 0,5 мг/л) концентраций остаточного свободного хлора. Поэтому метод суперхлорирования не требует предварительного определения хлорпотребности воды и тщательного подбора дозы активного хлора, однако после обеззараживания необходимо удалить избыточный свободный хлор.

Суперхлорирование используют при особой эпидемиологической обстановке, при невозможности определить хлорпотребность воды и обеспечить достаточное время контакта хлора с водой, а также с целью предупреждения появления запахов воды и борьбы с ними. Этот метод удобен в военно-полевых условиях, при чрезвычайных ситуациях.

Суперхлорирование эффективно обеспечивает надежное обеззараживание даже мутной воды. От высоких доз активного хлора гибнут устойчивые к действию дезинфектантов возбудители, такие, как риккетсии Бернетта, цисты дизентерийной амёбы, микобактерии туберкулеза и вирусы. Но даже такие дозы хлора не могут надежно обеззаразить воду от спор сибирской язвы и яиц гельминтов.

При суперхлорировании остаточный свободный хлор в обеззараженной воде значительно превышает 0,5 мг/л, что делает воду непригодной для употребления вследствие ухудшения ее органолептических свойств (резкий запах хлора). Поэтому возникает необходимость в освобождении ее от избытка хлора. Такой процесс называется *дехлорированием*. Если избыток остаточного хлора невелик, его можно удалить путем *аэрации*. В остальных случаях воду очищают, фильтруя через слой *активированного угля* или с помощью химических методов, таких, как обработка *натрия гипосульфитом (тиосульфатом)*, *натрия бисульфитом*, *сернистым ангидридом (серы диоксидом)*, *железа сульфатом*. На практике применяют преимущественно натрия гипосульфит (тиосульфат) — $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Количество его рассчитывают в зависимости от количества избыточного хлора, исходя из следующей реакции:



Согласно приведенной реакции связывания между активным хлором и натрия гипосульфитом при мольном соотношении 1:1, на 0,001 г хлора используется 0,0035 г кристаллогидрата натрия гипосульфита, или на 1 мг хлора — $3,5 \text{ мг Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Хлорирование с преаммонизацией. Метод хлорирования в преаммонизацией используется: 1) с целью предотвращения появления неприятных специфических запахов, которые возникают после хлорирования воды, содержащей фенол, бензол и этилбензол; 2) для предотвращения образования канцерогенных веществ (хлороформ и др.) при хлорировании питьевой воды, содержащей гуминовые кислоты, углеводороды метанового ряда; 3) для снижения интенсивности запаха и привкуса хлора, особенно ощутимого в летнее время; 4) для экономии хлора при высокой хлорпоглощаемости воды и отсутствии запахов, привкусов и высокого бактериального загрязнения. Если природная вода содержит фенолы (например, вследствие загрязнения водоемов сточными водами промышленных предприятий) даже в незначительных количествах¹, то при обеззараживании хлорсодержащими соединениями, которые гидролизуются с образованием хлорноватистой кислоты, свободный активный хлор сразу же взаимодействует с фенолом, образуя хлорфенолы, которые даже в небольших концентрациях придают воде аптечный привкус и запах. В то же время связанный активный хлор — хлораминный, имея более низкий окислительно-восстановительный потенциал, не взаимодействует с фенолом с образованием хлорфенолов, и поэтому во время обеззараживания не ухудшаются органолептические свойства воды. Аналогично свободный активный хлор способен взаимодействовать с углеводородами метанового ряда с образованием тригалометанов (хлороформа, дибромхлорметана, дихлорбромметана), являющихся канцерогенами. Предотвратить их образование можно, обеззараживая воду связанным активным хлором.

При хлорировании с преаммонизацией в воду, которую обеззараживают, сначала добавляют раствор аммиака² или его солей, а через 1—2 мин вводят хлор. Вследствие этого в воде образуются хлорамины (моноклорамины NH_2Cl и дихлорамины NHCl_2), которые обладают бактерицидным действием. Химические реакции образования хлораминов приведены на с. 170.

Соотношение образующихся веществ зависит от pH, температуры и количества реагирующих соединений. Эффективность хлорирования с преаммонизацией зависит от соотношения NH_3 и Cl_2 , причем используют дозы этих реагентов в пропорциях 1:2, 1:4, 1:6, 1:8. Для воды каждого источника водоснабжения необходимо подбирать наиболее эффективное соотношение. Скорость обеззараживания воды хлораминами ниже, чем скорость дезинфекции свободным хлором, поэтому продолжительность дезинфекции воды в случае хлорирования с преаммонизацией должна быть не меньше 2 ч. Особенности бактерицидного действия хлораминов, а также их способность не образовывать хлорпроизводных, имеющих специфические запахи, объясняется их значитель-

¹ ПДК фенола в воде 0,001 мг/л, лимитирующий показатель — органолептический (запах), 4-й класс опасности.

² Для введения аммиака в воду удобнее всего использовать вакуумные хлораторы.

но меньшей окислительной активностью, поскольку окислительно-восстановительный потенциал хлораминов значительно ниже, чем у хлора.

Кроме преаммонизации (введение аммиака за 1—2 мин до введения хлора), иногда применяют постаммонизацию, когда аммиак вводят после хлора непосредственно в резервуары с чистой водой. Благодаря этому хлор фиксируется дольше, чем достигается увеличение продолжительности его действия.

Комбинированные способы хлорирования воды. Кроме рассмотренных методов хлорирования воды, предложен ряд комбинированных, когда вместе с хлорсодержащими соединениями используют еще один химический или физический дезинфицирующий агент, что повышает эффект обеззараживания. Хлорирование можно комбинировать с обработкой воды солями серебра (хлор-серебряный метод), калия перманганатом (хлорирование с мanganированием), озоном или ультрафиолетом, ультразвуком и т. п.

Хлорирование с мanganированием (с добавлением раствора KMnO_4) используют при необходимости усиления окислительного и бактерицидного действия хлора, так как калия перманганат более сильный окислитель. Способ следует применять при наличии в воде запахов и привкусов, которые обусловлены органическими веществами, водорослями. При этом калия перманганат вводят до хлорирования. Добавлять KMnO_4 следует перед отстойниками в дозах 1—5 мг/л или перед фильтрами в дозе 0,08 мг/л. Восстанавливаясь до нерастворимого в воде MnO_2 , он полностью задерживается в отстойниках и на фильтрах.

Хлорсеребряный метод используют на судах речного флота (на установках КВУ-2 и УКВ-0,5). Он обеспечивает усиленное обеззараживание воды и ее консервацию на длительный срок (до 6 мес) при добавлении ионов серебра в количестве 0,05—0,1 мг/л.

Кроме того, хлорсеребряный метод используют для обеззараживания воды в плавательных бассейнах, где необходимо по мере возможности снизить дозу хлора. Это возможно потому, что бактерицидное действие обеспечивается в пределах суммарного эффекта доз хлора и серебра.

Бактерицидное, вирулицидное и окислительное действие хлора может быть усилено за счет одновременного воздействия ультразвуком, ультрафиолетовым излучением, постоянным электрическим током.

Критерии обеззараживания воды хлором. Контроль за эффективностью хлорирования воды проводят на водопроводных станциях по косвенным показателям, которые свидетельствуют об эпидемической безопасности воды. Гигиенические требования к качеству питьевой воды после обеззараживания по микробиологическим и паразитологическим показателям приведены в табл. 4 (см. с. 100).

Пробы воды отбирают после резервуаров чистой воды перед подачей в водопроводную сеть. Контроль эффективности хлорирования по остаточному активному хлору осуществляют ежедневно, то есть 24 раза в сутки. Хлорирование считается эффективным, если содержание остаточного свободного хлора находится в пределах 0,3—0,5 мг/л через 30 мин контакта, или содержание остаточного связанного хлора составляет 0,8—1,2 мг/л через 60 мин контакта.

По микробиологическим показателям эпидемической безопасности воду после РЧВ исследуют дважды в сутки, то есть 1 раз в 12 ч. В воде после обезза-

раживания определяют общее микробное число и индекс БГКП (коли-индекс). Обеззараживание воды считается эффективным, если коли-индекс не превышает 3, а общее микробное число — не более 100.

Отрицательные последствия хлорирования воды для здоровья населения. В результате реакции хлора с гуминовыми соединениями, продуктами жизнедеятельности гидробионтов и некоторыми веществами промышленного происхождения образуются десятки новых чрезвычайно опасных галоформных соединений, в том числе канцерогены, мутагены и высокотоксичные вещества с ПДК на уровне сотых и тысячных миллиграмма на 1 л. В табл. 3 и 5 (см. с. 66, 67, 101) приведены некоторые галогенсодержащие соединения, особенности их действия на организм человека, гигиенические нормативы в питьевой воде. Индикаторами этой группы являются тригалометаны: хлоро- и бромформ, дибромхлорметан, бромдихлорметан. В обеззараженной питьевой воде и воде горячего водоснабжения чаще всего и в более высоких концентрациях выявляют хлороформ — канцероген группы 2Б, по классификации МАИР.

Галоформные соединения поступают в организм с водой не только энтерально. Некоторые вещества проникают через неповрежденную кожу во время контакта с водой, в частности при плавании в бассейне. Во время приема ванны или душа галоформные соединения попадают в воздух. Аналогичный процесс происходит в процессе кипячения воды, белья, приготовления пищи.

С учетом чрезвычайной опасности для здоровья человека галоформных соединений разработан комплекс мероприятий по снижению их уровней в воде. Он предусматривает:

- охрану источника водоснабжения от загрязнения сточными водами, которые содержат предшественники галоформных соединений;
- снижение эвтрификации поверхностных водоемов;
- отказ от перехлорирования (первичного хлорирования) или его замену ультрафиолетовым облучением или добавлением меди сульфата;
- оптимизацию коагуляции для снижения цветности воды, то есть удаление гуминовых веществ (предшественников галоформных соединений);
- использование дезинфектантов, имеющих меньшую способность к образованию галоформных соединений, в частности хлора диоксида, хлораминов;
- использование хлорирования с преаммонизацией;
- аэрацию воды или использование гранулированного активированного угля в качестве наиболее эффективного способа удаления галоформных соединений из воды.

Кардинальным решением проблемы является замена хлорирования озонированием и обеззараживанием воды УФ-лучами.

Озонирование воды и его преимущества перед хлорированием. Озонирование является одним из перспективных методов обработки воды с целью ее обеззараживания и улучшения органолептических свойств. Сегодня почти 1000 водопроводных станций в Европе, преимущественно во Франции, Германии и Швейцарии, используют озонирование в технологической схеме обработки воды. В последнее время озонирование начали широко внедрять в США и Японии. В Украине озонирование используют на Днепровской водопроводной

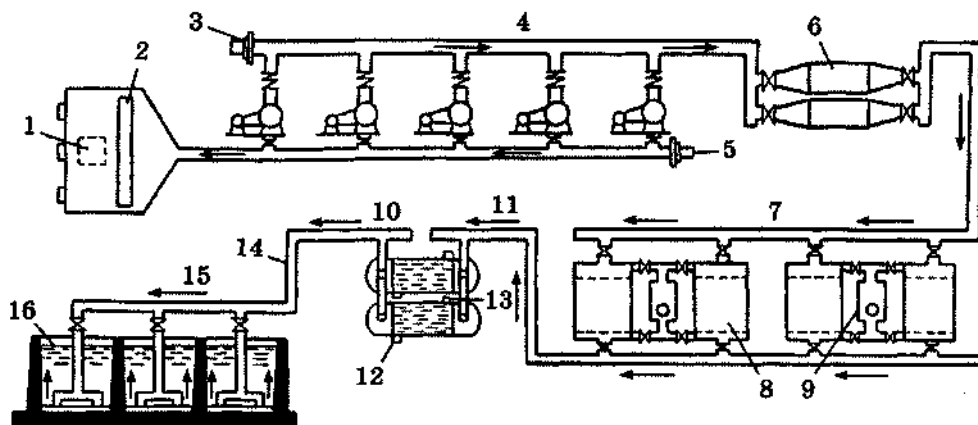


Рис. 25. Технологическая схема озонаторной установки:

1 — воздухоприемник; 2 — воздушный фильтр; 3 — предупредительный клапан; 4 — пять приточных вентиляторов; 5 — воздушный вантуз; 6 — два охлаждаемых сушителя; 7 — четыре адсорбционных сушилки; 8 — активированный глинозем; 9 — охлаждение нагревателей вентилятора; 10 — пятьдесят генераторов озона (изображено 2); 11 — сухой воздух; 12 — впуск охлаждающей воды; 13 — выпуск охлаждающей воды; 14 — озонированный воздух; 15 — три резервуара для диффузии озона; 16 — уровень воды

станции Киева, в странах СНГ — на водопроводных станциях Москвы (Российская Федерация) и Минска (Беларусь).

Озон (O_3) — газ бледно-фиолетового цвета, обладающий специфическим запахом, сильный окислитель. Молекула его весьма неустойчива, легко распадается (диссоциирует) на атом и молекулу кислорода. В промышленных условиях озono-воздушную смесь получают в озонаторе с помощью "медленного" электрического разряда при напряжении 8000—10 000 В.

Принципиальная схема озонаторной установки приведена на рис. 25. Компрессор забирает воздух, очищает от пыли, охлаждает, сушит на адсорберах с силикагелем или активным алюминия оксидом (которые регенерируют продуванием горячим воздухом). Далее воздух проходит через озонатор, где образуется озон, который через распределительную систему подается в воду контактного резервуара. Доза озона, необходимая для обеззараживания, для большинства типов воды составляет 0,5—6,0 мг/л. Чаще всего для подземных водоисточников дозу озона принимают в пределах 0,75—1,0 мг/л, для поверхностных вод — 1—3 мг/л. Иногда для обесцвечивания и улучшения органолептических свойств воды необходимы высокие дозы. Продолжительность контакта озона с водой должна быть не менее 4 мин¹. Косвенным показателем

В соответствии с ГОСТом 2874-82 продолжительность обеззараживания воды с помощью озона составляла не менее 12 мин. Такая же продолжительность регламентируется и утвержденным МЗ России СанПиНом 2.1.4.559-96 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества". В соответствии с СанПиН "Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения", утвержденным МЗ Украины, продолжительность обработки озоном должна быть не менее 4 мин.

эффективности озонирования является наличие остаточных количеств озона на уровне 0,1—0,3 мг/л после камеры смешения.

Озон в воде распадается, образуя атомарный кислород: $O_3 \rightarrow O_2 + O^{\cdot}$. Доказано, что механизм распада озона в воде сложен. При этом происходит ряд промежуточных реакций с образованием свободных радикалов (например, $HO^{\cdot}$), которые также являются окислителями. Более сильное окислительное и бактерицидное действие озона по сравнению с хлором объясняется тем, что его окислительный потенциал больше, чем у хлора.

С гигиенической точки зрения, озонирование является одним из наилучших методов обеззараживания воды. Вследствие озонирования достигается надежный обеззараживающий эффект, разрушаются органические примеси, а органолептические свойства воды не только не ухудшаются, как при хлорировании или кипячении, но и улучшаются: уменьшается цветность, исчезают лишние привкус и запах, вода приобретает голубой оттенок. Избыток озона быстро разлагается, образуя кислород.

Озонирование воды имеет следующие определенные преимущества перед хлорированием:

- 1) озон является одним из самых сильных окислителей, его окислительно-восстановительный потенциал выше, чем у хлора и даже хлора диоксида;
- 2) при озонировании в воду не вносится ничего постороннего и не происходит сколько-нибудь заметных изменений минерального состава воды и pH;
- 3) избыток озона через несколько минут превращается в кислород, и поэтому не влияет на организм и не ухудшает органолептические свойства воды;
- 4) озон, вступая во взаимодействие с соединениями, содержащимися в воде, не вызывает появления неприятных привкусов и запахов;
- 5) озон обесцвечивает и дезодорирует воду, содержащую органические вещества природного и промышленного происхождения, придающие ей запах, привкус и окраску;
- 6) по сравнению с хлором озон эффективнее обеззараживает воду от споровых форм и вирусов;
- 7) процесс озонирования в меньшей степени подвержен влиянию переменных факторов (pH, температуры и т. п.), что облегчает технологическую эксплуатацию водоочистных сооружений, а контроль за эффективностью не сложнее, чем при хлорировании воды;
- 8) озонирование воды обеспечивает бесперебойность процесса обработки воды, отпадает необходимость перевозки и хранения небезопасного хлора;
- 9) при озонировании образуется значительно меньше новых токсических веществ, чем при хлорировании. Преимущественно это альдегиды (например, формальдегид) и кетоны, которые образуются в сравнительно небольших количествах;
- 10) озонирование воды дает возможность комплексной обработки воды, при которой может одновременно достигаться обеззараживание и улучшение органолептических свойств (цветность, запах и привкус).

Обеззараживание воды ионами серебра. Вода, обработанная серебром в дозе 0,1 мг/л, сохраняет высокие санитарно-гигиенические показатели в течение

ние года. Вводить серебро можно непосредственно, путем обеспечения контакта воды с поверхностью самого металла, а также растворяя соли серебра в воде электролитическим способом. Л.А. Кульский разработал ионаторы ЛК-27, ЛК-28, в которых предусматривается анодное растворение серебра электрическим постоянным током.

Механизм действия химических дезинфектантов на микроорганизмы.

Начальной стадией действия любого дезинфектанта на бактериальную клетку является его сорбция на клеточной поверхности (О.С. Савлук, 1998). После диффузии дезинфектантов сквозь клеточную стенку мишенями их действия становятся цитоплазматическая мембрана, нуклеоид, цитоплазма, рибосомы, мезосомы. Следующий этап — деградация макромолекулярных, в том числе белковых, структур бактериальной клетки в результате инактивации высокореактивноспособных функциональных групп (сульфгидрильных, аминных, фенольных, индольных, тиоэтиловых, фосфатных, кетогрупп, эндоциклических атомов азота и пр.). Наиболее чувствительными являются ферменты, содержащие SH-группы, т. е. тиоловые ферменты. Среди них наиболее сильно угнетаются дегидрогеназы, которые обеспечивают дыхание бактерий и локализованы преимущественно в мезосомах.

Среди органелл бактериальной клетки одной из наиболее повреждаемых химическими дезинфектантами является цитоплазматическая мембрана. Это обусловлено ее легкой доступностью для окислителя (сравнительно с другими органеллами) и наличием большого количества активных групп (в том числе сульфгидрильных), которые легко инактивируются. Поэтому для повреждения цитоплазматической мембраны необходимы сравнительно незначительные количества дезинфектантов. Ввиду важности функций цитоплазматической мембраны для жизнедеятельности бактериальной клетки, ее повреждение является чрезвычайно опасным.

Нуклеоид, основную часть которого представляет молекула ДНК, несмотря на наличие реактивноспособных групп, которые потенциально способны взаимодействовать с дезинфектантами, малодоступен для их молекул и ионов. Это вызвано, *во-первых*, трудностями транспорта дезинфектанта из водного раствора в нуклеоид через внешнюю и цитоплазматическую мембраны бактериальной клетки, а отсюда — с непродуктивными потерями обеззараживающих агентов. *Во-вторых*, наличие первичной гидратной оболочки на поверхности ДНК становится препятствием для некоторых дезинфектантов. В частности, эта гидратная оболочка непроницаема для катионов.

Значительное количество дезинфектанта необходимо для инактивации рибосом и полисом, которые содержат рРНК, что обусловлено их высокой концентрацией в бактериальной клетке (по сравнению с ДНК).

Химические дезинфектанты должны иметь максимально широкий спектр бактерицидного действия и минимальную токсичность для организма. С учетом механизма взаимодействия с бактериальными клетками химические дезинфектанты разделены на две группы:

1. Вещества, которые поражают клеточные структуры за счет химико-физического воздействия, т. е. вещества полярной структуры, которые со-

держат липофильные и гидрофильные группы (спирты, фенолы, крезолы, детергенты, полипептидные антибиотики). Растворяют фрагменты клеточных структур — мембран, нарушая их целостность и соответственно функции. Обладая широким спектром бактерицидного действия благодаря сходству строения клеточных мембран у разнообразных прокариотов, этот класс дезинфектантов эффективен лишь в высоких концентрациях — от 1 до 10 М.

2. Вещества, поражающие клеточные структуры за счет химического взаимодействия. Их можно разделить на 2 подкласса: 1) вещества, которые только тормозят рост бактерий; 2) вещества, вызывающие их гибель. Грань между ними достаточно условна и в большой степени определяется концентрацией. К дезинфектантам, которые вызывают гибель клеток, принадлежат почти все тяжелые металлы, образующие с сульфгидрильными группами тяжело диссоциируемые комплексы, а также циан-анионы, которые образуют тяжело диссоциируемые комплексы с железом, чем блокируют функцию терминального дыхательного фермента цитохромоксидазы. Дезинфектанты, которые тормозят рост бактерий, при взаимодействии с функциональными группами клеточных соединений или приводят к их превращению (обратимому в определенных условиях) в другие группы, или ингибируют их вследствие структурного подобия дезинфектантов с нормальными клеточными метаболитами.

Эффективность действия химических дезинфектантов зависит и от возможностей их транспорта через клеточные структуры к мишени в клетке. У грациликутных (грамотрицательных) и фирмакутных (грамположительных) бактерий оболочки имеют разное строение, причем основное отличие состоит в том, что грациликутные бактерии имеют дополнительную внешнюю прослойку, состоящую из фосфолипидов, липопротеинов и белков. И двух-, и трехслойная структуры оболочки обеспечивают высокую селективность проникновения извне в клетку чужеродных веществ.

Кроме транспортных ограничений, на эффективность химических дезинфектантов может влиять электролитный состав обеззараживаемой воды. Например, при использовании для дезинфекции катионов тяжелых металлов наличие некоторых анионов (Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} и пр.) и щелочная среда, может привести к образованию тяжелорастворимых плохо диссоциируемых соединений.

Взаимодействие дезинфектантов с метаболитами клетки и химическими соединениями, которые содержатся в ней, также может привести к изменению физико-химических свойств дезинфектанта. Так, по данным Л.А. Кульского (1988), внутриклеточная жидкость содержит почти 3 мг-экв/л анионов, до 100 мг-экв/л HPO_4^{2-} и почти 20 мг-экв/л SO_4^{2-} , чего вполне достаточно для превращения многих дезинфектантов, например катионов тяжелых металлов, в малодиссоциированные соединения.

Механизм бактерицидного действия позволяет объяснить синергические эффекты, которые наблюдаются экспериментально при обеззараживании воды комбинациями химических дезинфектантов или путем физического влияния и действия химического дезинфектанта. С позиции рассмотренного механизма, действием одного из комбинации дезинфектантов нейтрализуется система

"жертвенной защиты" бактериальной клетки, после чего другой дезинфектант получает практически беспрепятственный доступ к основным мишеням и, взаимодействуя с ними, инактивирует клетку. Так, оптимальными бактерицидными свойствами должны обладать комбинации химических дезинфектантов, в которых один способен необратимо связывать сульфгидрильные группы белков оболочки, а другой, имеющий высокоселективные транспортные свойства, быстро диффундирует в цитоплазму клетки и, взаимодействуя с ДНК и РНК, инактивирует бактериальную клетку. Такими высокоэффективными комбинациями дезинфектантов являются системы $\text{Cl}_2 : \text{H}_2\text{O}_2$, $\text{Cl}_2 : \text{O}_3$, $\text{Cl}_2 : \text{Ag}^+$, $\text{I}_2 : \text{Ag}^+$ и т. п. При сочетании физического влияния и действия химического дезинфектанта в результате физического воздействия на оболочку бактериальной клетки происходит дезорганизация или частичное разрушение ее структуры. Это способствует более легкой транспортировке химического дезинфектанта к мишеням клетки и ее дальнейшей инаktivации. Применение комбинаций дезинфектантов очень эффективно в отношении инаktivации бактериальных клеток-мутантов, которые находятся в клеточных популяциях в количестве 10^{-4} — 10^{-5} .

Рассмотренный механизм бактерицидного действия химических дезинфектантов позволяет объяснить закономерности инаktivации вирусов и бактериофагов. В частности, повышенная резистентность к химическим дезинфектантам бактериофагов по сравнению с бактериальными клетками объясняется их пребыванием в цитоплазме бактерии и таким образом низкой доступностью для большинства химических дезинфектантов. Инаktivация химическими дезинфектантами вирусов и бактериофагов вне бактериальной клетки, возможно, осуществляется благодаря денатурации белковых оболочек вируса и взаимодействия с его ферментными системами, расположенными под белковыми оболочками.

Обеззараживание воды ультрафиолетовым (УФ) облучением. Обеззараживание воды УФ-лучами относится к физическим (безреагентным) методам. Безреагентные методы имеют ряд преимуществ, при их применении не изменяется состав и свойства воды, не появляются неприятные привкусы и запахи, отпадает необходимость в транспортировке и хранении реагентов.

Бактерицидное действие оказывают участок УФ-части оптического спектра в диапазоне волн от 200 до 295 нм. Максимум бактерицидного действия приходится на 260 нм. Такие лучи проникают через 25-сантиметровый слой прозрачной и бесцветной воды. Обеззараживается вода УФ-лучами достаточно быстро. После 1—2 мин облучения гибнут вегетативные формы патогенных микроорганизмов. Мутность и особенно цветность, окраска и соли железа, снижая проницаемость воды для бактерицидных УФ-лучей, замедляют этот процесс. То есть предпосылкой надежного обеззараживания воды УФ-лучами является предварительное ее осветление и обесцвечивание.

Обеззараживают УФ-облучением с помощью бактерицидных ламп преимущественно воды подземных водоисточников, коли-индекс которых не более 1000 КОЕ/л, содержание железа — не более 0,3 мг/л. Бактерицидные установки оборудуют на всасывающих и напорных линиях насосов II подъема в

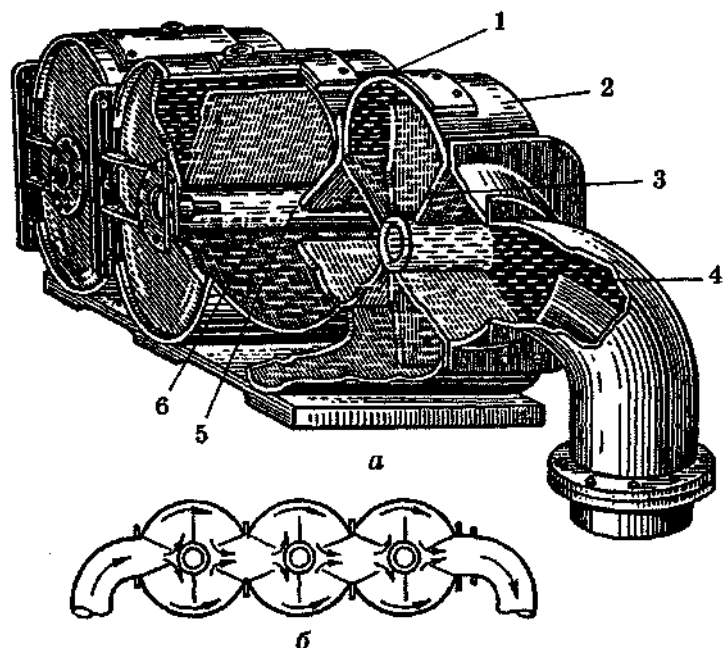


Рис. 26. Установка для обеззараживания воды УФ-лучами (ОВ АКХ-1):
а — разрез; *б* — схема движения воды по камере; 1 — смотровое окно; 2 — корпус; 3 — перегородки; 4 — подача воды; 5 — ртутно-кварцевая лампа ПРК-7; 6 — кварцевый чехол

отдельных зданиях или помещениях. Если продуктивность водопроводной станции до $30 \text{ м}^3/\text{ч}$, применяют установки с непогружным источником облучения в виде аргонно-ртутных ламп низкого давления. Если продуктивность станции составляет $30\text{—}150 \text{ м}^3/\text{ч}$, то применяют установки с погружными ртутно-кварцевыми лампами высокого давления (рис. 26).

При использовании аргонно-ртутных ламп низкого давления в воде не образуются токсические побочные продукты, тогда как под действием ртутно-кварцевых ламп высокого давления химический состав воды может изменяться за счет фотохимических превращений растворенных в воде веществ.

Обеззараживающий эффект бактерицидных УФ-лучей обусловлен преимущественно фотохимическими реакциями, вследствие чего возникают необратимые повреждения ДНК бактериальной клетки. Кроме ДНК, УФ-лучи повреждают и другие структурные части клетки, в частности рРНК, клеточные мембраны. Выход бактерицидной энергии составляет 11% при оптимальной длине большей части излучаемых волн.

Таким образом, бактерицидные лучи не денатурируют воду и не изменяют ее органолептических свойств, а также имеют более широкий спектр антибиотического действия — они губительно влияют на споры, вирусы и яйца гельминтов, устойчивые к хлору. В то же время использование этого метода обеззараживания воды усложняет оперативный контроль эффективности, так как результаты определения микробного числа и коли-индекса воды можно получить

только через 24 ч инкубации посевов, а экспрессного метода, который подобен определению остаточного свободного или связанного хлора или остаточного озона, в данном случае не существует.

Обеззараживание воды ультразвуком. Бактерицидное действие ультразвука объясняется главным образом механическим разрушением бактерий в ультразвуковом поле. Данные электронной микроскопии свидетельствуют о разрушении клеточной оболочки бактерий. Бактерицидный эффект ультразвука не зависит от мутности (в пределах до 50 мг/л) и цветности воды. Он распространяется как на вегетативные, так и на споровые формы микроорганизмов и зависит лишь от интенсивности колебаний.

Ультразвуковые колебания, которые могут быть использованы для обеззараживания воды, получают пьезоэлектрическим или магнитострикционным путем. Чтобы получить воду, отвечающую требованиям ГОСТа 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством", интенсивность ультразвука должна составлять около 2 Вт/см², частота колебаний — 48 кГц в 1 с. Ультразвук частотой 20—30 кГц уничтожает бактерии за 2—5 с.

Термическое обеззараживание воды. Метод используют для обеззараживания небольшого количества воды в санаториях, больницах, на пароходах, поездах и пр. Полное обеззараживание воды и гибель патогенных бактерий достигается через 5—10 мин кипячения воды. Для этого типа обеззараживания используют специальные типы кипятильников.

Обеззараживание рентгеновским излучением. Метод предусматривает облучение воды коротковолновым рентгеновским излучением длиной волны 60—100 нм. Коротковолновое излучение глубоко проникает в бактериальные клетки, обуславливает их значительные изменения и ионизацию. Метод изучен недостаточно.

Обеззараживание вакуумированием. Метод предусматривает инактивацию бактерий и вирусов при пониженном давлении. Полный бактерицидный эффект достигается в течение 15—20 мин. Оптимальный режим обработки — при температуре 20—60 °С и давлении 2,2—13,3 кПа.

Другие физические методы обеззараживания, такие как обработка у-облучением, высоковольтными разрядами, электрическими разрядами малой мощности, переменным электрическим током, используют ограничено вследствие их высокой энергоемкости, сложности аппаратуры, а также из-за их недостаточной изученности и отсутствия информации о возможности образования вредных побочных соединений. Большинство из них сегодня находятся на стадии научных разработок.

Обеззараживание воды в полевых условиях. Система водоснабжения в полевых условиях должна гарантировать получение качественной питьевой воды, не содержащей возбудителей инфекционных болезней. Из технических средств, пригодных для улучшения качества воды в полевых условиях, особого внимания заслуживают тканево-угольные фильтры (ТУФ): портативные, транспортные, простые и высокопродуктивные.

ТУФ конструкции М.Н. Клюканова предназначены для временного использования (водоснабжения в полевых условиях, сельской местности, на

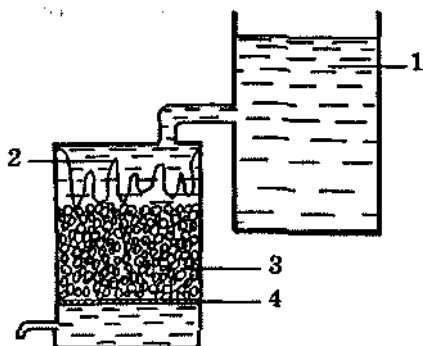


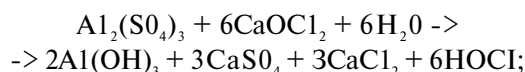
Рис. 27. ТУФ конструкции М.Н. Клюканова (малая модель):

1 — резервуар для хлорирования и коагуляции; 2 — тканевый мешок для задержки взвешенных частиц; 3 — активированный уголь для удаления из воды избытка хлора; 4 — металлическая сетка

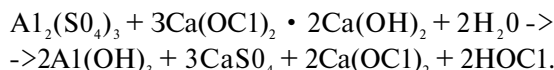
новостройках, во время экспедиций). Очищают и обеззараживают воду по методике М.Н. Клюканова путем одновременной коагуляции и дезинфекции повышенными дозами хлора (суперхлорирование) с дальнейшей фильтрацией через ТУФ (рис. 27). На тканевом фильтрующем слое задерживаются взвешенные частицы, то есть достигается осветление и обесцвечивание воды, а на угольном фильтрующем слое осуществляется дехлорирование.

Для коагуляции используют алюминия сульфат — $Al_2(SO_4)_3$ в количестве 100—200 мг/л. Доза активного хлора для обеззараживания воды (суперхлорирование) составляет не менее 50 мг/л. В воду одновременно вносят коагулянт и хлорную известь или ДТСГК (двутретиосновную соль гипохлорита кальция) в дозах 150 и 50 мг/л соответственно. В этом случае на коагуляцию не влияет щелочность воды:

а) с хлорной известью —



б) с ДТСГК —



Обычно коагуляция происходит по реакции алюминия сульфата с гидрокарбонатами воды, которых должно быть не менее 2 мг-экв/л. В других случаях воду необходимо подщелачивать.

Через 15 мин после обработки приведенными выше реактивами отстоянную воду фильтруют через ТУФ. В очищенной воде определяют остаточный хлор и органолептические свойства.

Водопроводная сеть и сооружения на ней. *Водопроводная сеть* (распределительная система водопровода) представляет собой подземную систему труб, по которым вода под давлением (не менее 2,5—4 атм при пятиэтажной застройке), создаваемым насосной станцией II подъема, подается в населенный пункт и разводится на его территории. Она состоит из основных водоводов, по которым вода с водопроводной станции поступает в населенный пункт, и разветвленной сети труб, по которым вода подводится к водонапорным резервуарам, внешним водозаборным сооружениям (уличным колонкам, пожарным гидрантам), жилым и общественным зданиям. При этом основной водовод разветвляется на несколько магистральных, которые в свою очередь разветвляются на уличные, дворовые и домовые. Последние соединяются с системой труб внутреннего водопровода жилых и общественных зданий.

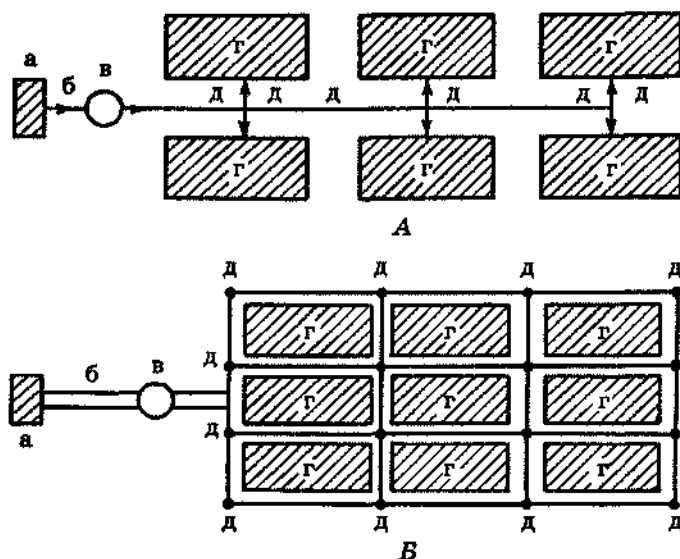


Рис. 28. Схема водопроводной сети:

А — тупиковая схема; Б — кольцевая схема; а — насосная станция; б — водопровод; в — водонапорная башня; г — заселенные кварталы; д — разводящая сеть

По конфигурации водопроводная сеть может быть: 1) кольцевой; 2) тупиковой; 3) смешанной (рис. 28). Тупиковая сеть состоит из отдельных глухих линий, в которые вода поступает с одной стороны. При повреждении такой сети на каком-либо участке прекращается подача воды всем потребителям, которые подключены к линии, расположенной за точкой повреждения в направлении движения воды. В тупиковых концах распределительной сети вода может застаиваться, может появляться осадок, который служит благоприятной средой для размножения микроорганизмов. Тупиковую водопроводную сеть как исключение оборудуют на небольших поселковых и сельских водопроводах.

Наилучшей с гигиенической точки зрения является замкнутая водопроводная сеть, которая состоит из системы смежных замкнутых контуров, или колец. Повреждение на каком-либо участке не приводит к прекращению подачи воды, так как она может поступать по другим линиям.

Распределительная система водопровода должна обеспечить бесперебойную подачу воды во все точки ее потребления и предотвратить загрязнение воды на всем пути ее поступления от главных водопроводных сооружений до потребителей. Для этого водопроводная сеть должна быть водонепроницаемой. Загрязнение воды в водопроводной сети при централизованном водоснабжении вызывают: нарушение герметичности водопроводных труб, значительное снижение давления в водопроводной сети, что приводит к подсосыванию загрязнения в негерметичных участках, и наличие источника загрязнения вблизи участка нарушения герметичности водопроводных труб. Объединять сети хозяйственно-питьевого водопровода с сетями, подающими непитьевую воду (технический водопровод), недопустимо.

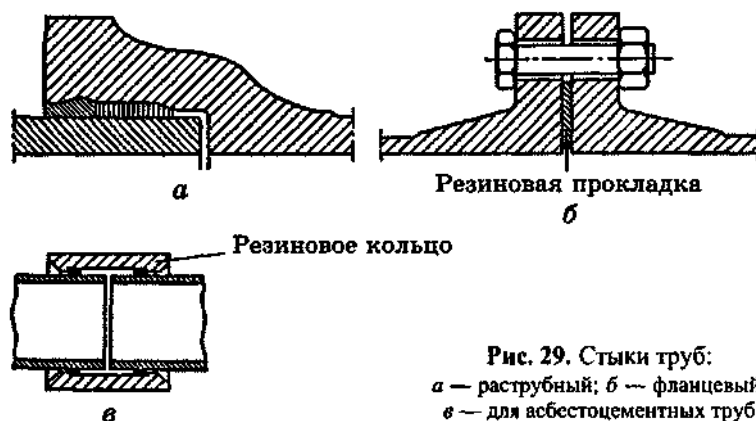


Рис. 29. Стыки труб:
 а — раструбный; б — фланцевый;
 в — для асбестоцементных труб

Водопроводные трубы изготавливают из чугуна, стали, железобетона, пластмасс и т. п. Трубы из полимерных материалов, а также внутренние антикоррозийные покрытия используют только после их гигиенической оценки и получения разрешения Министерства здравоохранения. Стальные трубы применяют на участках с внутренним давлением свыше 1,5 МПа, при пересечении с железнодорожными путями, автомобильными дорогами, поверхностными водоемами (реки), в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с канализацией. Они нуждаются в защите наружной и внутренней поверхностей от коррозии. Диаметр труб хозяйственно-питьевого водопровода в городских населенных пунктах должен быть не менее 100 мм, в сельских — более 75 мм. Герметичного соединения отдельных отрезков труб длиной 5—10 м достигают с помощью фланцев, раструбов или муфт (рис. 29). Фланцевые соединения применяют лишь при открытом (на поверхности земли) прокладывании труб, где они доступны для внешнего осмотра и проверки герметичности.

Прокладыванию водопроводных линий хозяйственно-питьевого водоснабжения должна предшествовать санитарная оценка территории не менее чем на 40 м в обе стороны при расположении водопровода на незастроенной территории и на 10—15 м — на застроенной. Почва, по которой будет проложена трасса водопровода, должна быть незагрязненной. Трассу не следует прокладывать по болотам, свалкам, кладбищам, скотомогильникам, то есть там, где почва загрязнена. Вдоль водопроводов необходимо организовать санитарно-защитную полосу (см. с. 129, 130).

Водопроводные трубы должны быть проложены на 0,5 м ниже уровня распространения в почве нулевой температуры (уровня замерзания почвы). При этом в зависимости от климатического района глубина заложения труб колеблется от 3,5 до 1,5 м. В южных регионах для предотвращения перегрева воды в летнее время глубина прокладывания водопроводных труб должна быть такой, чтобы слой почвы над трубой был толщиной не менее 0,5 м.

Водопроводные линии нужно прокладывать на 0,5 м выше канализационных. Если водопроводные трубы прокладываются на одном уровне с парал-

тельно проложенными канализационными линиями, расстояние между ними должно составлять не менее 1,5 м при диаметре водопроводных труб до 200 мм и не менее 3 м — при диаметре свыше 200 мм. При этом необходимо использовать металлические трубы. Металлические водопроводные трубы применяют также в местах их пересечения с канализационными линиями. При этом водопроводные трубы следует прокладывать на 0,5 м выше канализационных. Как исключение в местах пересечения водопроводные трубы можно располагать ниже канализационных. При этом разрешают использовать только стальные водопроводные трубы, дополнительно защитив их специальным металлическим кожухом длиной не менее 5 м в обе стороны от пересечения в глинистых грунтах и не менее 10 м — в грунтах с высокой фильтрационной способностью (например, песчаных). Канализационные трубы на указанном участке должны быть чугунными.

На водоводах и линиях водопроводной сети устанавливают: поворотные затворы (засовы) для выделения ремонтных участков; вантузы — для выпуска воздуха во время работы трубопроводов; клапаны — для выпуска и впуска воздуха при освобождении трубопроводов от воды на время ремонта и последующего заполнения; выпуски — для сбрасывания воды при опорожнении трубопроводов; регуляторы давления, клапаны для защиты от гидравлических ударов, если неожиданно потребуется отключить или включить насосы и т. п. Длина ремонтных участков при прокладывании водопроводов в одну линию не должна превышать 3 км, в две линии и более — 5 км.

Запорную, регулировочную и охранную арматуру устанавливают в *смотровых водопроводных колодцах*. Смотровые колодцы также оборудуют во всех местах стыков основных, магистральных и уличных водопроводов. Колодцы — это размещенные под землей водонепроницаемые железобетонные шахты. Для спуска в смотровой колодец предусмотрен люк с герметично закрытой крышкой, которую утепляют в холодный период года; в стену вмонтированы чугунные или стальные скобы. Опасность загрязнения воды в водопроводной сети через смотровые колодцы возникает при заполнении шахты водой. Это может произойти в результате поступления воды через негерметичные стенки и дно, ливневых вод через негерметично закрытую крышку или воды из водопроводной сети через негерметичные стыки труб и арматуры. Во время снижения давления в сети вода, которая собралась в смотровом колодце, может подсасываться в трубы.

Водонапорные (запасные) резервуары предназначены для создания запаса воды, который компенсирует возможное несоответствие между подачей воды и ее потреблением в отдельные часы суток. Наполняют резервуары преимущественно ночью, а днем в часы интенсивного водопользования вода из них поступает в сеть, нормализуя давление.

Устанавливают водонапорные резервуары в наиболее высокой точке рельефа на башнях, возвышающихся над наиболее высокими зданиями населенного пункта (рис. 30). Территорию вокруг водонапорных башен ограждают. Резервуары должны быть водонепроницаемы, из железа или железобетона. Для очистки, ремонта и обеззараживания внутренней поверхности резервуара

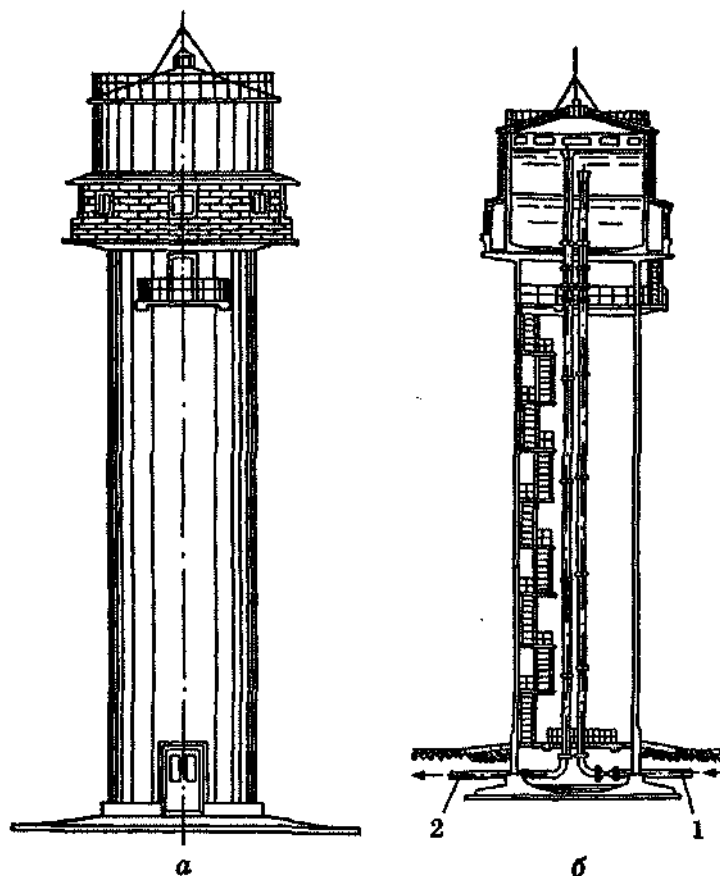


Рис. 30. Водонапорная башня:

а — внешний вид; *б* — разрез: 1 — подающе-разводящая труба; 2 — переливная труба

предусмотрены люки с плотно закрытыми и запломбированными крышками. Для воздухообмена резервуаров оборудуют вентиляционные отверстия, закрытые сетками и защищенные от атмосферных осадков. На трубах, подающих и отводящих воду, устанавливают краны для отбора проб воды с целью контроля ее качества до и после резервуара. Водонапорные резервуары нуждаются в периодической (1—2 раза в год) дезинфекции.

На больших водопроводах запасные резервуары — резервуары чистой воды — оборудуют под землей. Из них воду подают в водопроводную сеть насосными станциями III подъема.

Водоразборные колонки. Население берет воду из водораспределительной системы или через домовые вводы и краны внутридомовой водопроводной сети, или через наружные водоразборные сооружения — колонки.

Уличные водоразборные колонки являются наиболее уязвимыми элементами водопровода. Известно немало случаев эпидемических вспышек инфекционных болезней, которые получили название эпидемии "одной колонки"

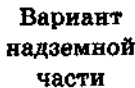
Существуют разные конструкции колонок, но наиболее распространенные — системы Черкунова и московского типа. Устанавливают их в районах застройки без ввода труб централизованного хозяйственно-питьевого водопровода в сооружения. При этом радиус обслуживания колонки должен быть не более 100 м. В последнее время в городах при централизованном водоснабжении с забором воды из поверхностных водоемов колонки широко применяют для организации бюветного артезианского водоснабжения¹.

Водоразборная колонка системы Черкунова (рис. 31) состоит из наземной и подземной частей. Подземная часть (смотровой колодец) имеет вид шахты с водонепроницаемыми железобетонными стенками и дном. Там размещены эжектор (его устанавливают на пути движения воды из водопроводной магистрали во внутреннюю водяную трубку колонки) и сливной бачок с воздушной трубкой. В железобетонном перекрытии шахты расположен герметично закрытый люк. Наземная часть колонки имеет выводную трубку и ручку, которая штангой соединена с клапаном, расположенным перед эжектором на выходе воды из водопроводной магистрали. Вокруг колонки в радиусе 1,5—2 м оборудуют отмотку с наклоном от колонки, под выводной трубой — лоток для отведения воды, пролившейся во время пользования.

При нажатии ручки открывается клапан, и вода из водопроводной магистрали под давлением поднимается по водяной трубе и выливается через выводную трубу колонки. Когда ручку отпускают, клапан закрывается. Поскольку вода, оставшаяся в водяной трубе, в холодный период года замерзает и разрывает трубу, то предусмотрен ее слив в металлический бачок на дне смотрового колодца. При этом воздух из бачка через воздушную трубку поступает в шахту. При повторном нажатии ручки и открывании клапана вода, выходя под давлением через суженное отверстие водопроводной магистрали в водяную трубу, приводит в действие эжектор. Эффект эжекции (подсасывания), который возникает в первые секунды после открытия клапана и длится недолго, подсасывает воду из бачка в водяную трубку. Бачок через воздушную трубу заполняется воздухом из шахты. Таким образом, первые порции воды, поступающие из колонки сразу после нажатия ручки, являются смесью воды из водопроводной сети и сливного бачка. Вследствие подсасывания воды из бачка давление в эжекторе выравнивается, эффект эжекции исчезает, после чего к потребителю поступает вода исключительно из водопроводной сети. Когда ручку отпускают, бачок снова наполняется водой из водяной трубки колонки.

Реальная угроза загрязнения воды в колонке может возникнуть в том случае, если шахта колонки заполнится водой. Пути поступления воды в шахту могут быть различными. Так, атмосферные осадки и поверхностный сток

Бюветное водоснабжение осуществляется за счет локального водопровода. Его элементами являются: 1) подземный межпластовый (желательно, артезианский) источник I класса по ГОСТу 2761-84; 2) артезианская скважина; 3) подземная насосная станция с погружным центробежным насосом; 4) напорный водовод; 5) бювет с водоразборными колонками (преимущественно московского типа). Бюветное артезианское водоснабжение широко распространено в Киеве, где централизованное водоснабжение осуществляется за счет Днепровского и Деснянского речных и артезианского водопроводов.



1 — деталь эжектора и бачка; 2 — инжектор; 3 — муфта; 4 — суженный конец водопроводной трубы; 5 — противовес; 6 — лоток; 7 — штукатурка; 8 — настил из досок; 9 — воздушная трубка; 10 — водяная труба; 11 — эжектор; 12 — скобы; 13 — штанга; 14 — песок; 15 — клапан (38 мм); 16 — запорный кран; 17 — бачок

192

эжектор не срабатывает, подсасывание воды из сливного бачка прекращается, он переполняется, и вода через воздушную трубку начинает поступать в шахту.

Вследствие накопления загрязненной воды в шахте колонки ее уровень может подняться выше верхнего отверстия воздушной трубки. Тогда при пользовании колонкой в момент эффекта эжекции в сливной бачок поступит не воздух, а загрязненная вода из шахты. Во время следующего пользования, когда эжектор сработает, из бачка в водяную трубу будет подсасываться загрязненная вода, и потребитель получит недоброкачественную, эпидемически опасную воду. Вода из шахты колонки может подсасываться и через отверстия, которые нередко образуются в местах соединения бачка с воздушной трубкой и эжектором.

Таким образом, водоразбор из колонки системы Черкунова является безопасным в санитарном отношении лишь в том случае, если смотровой колодец будет сухим.

Водоразборная колонка московского типа (рис. 32) имеет значительные преимущества по сравнению с колонкой Черкунова. У нее вся подземная часть смонтирована в цельный (с наземной частью) чугунный корпус, что исключает смотровой колодец. В колонках московского типа вода из внутренней водяной трубки сливается в нижнюю часть чугунного корпуса и оттуда подсасывается эжектором во время ее использования.

Дезинфекция водопроводных сооружений является важным санитарным мероприятием, которое проводят в следующих случаях:

а) перед приемкой в эксплуатацию новых водопроводов в целом или отдельных его элементов (резервуары, отдельные участки сети и т. п.);

б) после ремонтно-аварийных работ на головных водопроводных сооружениях и на распределительной сети;

в) при наличии водных эпидемий и данных (или появлении подозрения) о том, что причиной их возникновения явилось загрязнение водопроводных сооружений (головных или распределительной сети);

г) при опасном в эпидемическом отношении загрязнении, после аварии на водопроводных сооружениях.

Дезинфекция резервуаров и баков может быть достигнута двумя способами — объемным и орошением. При обеззараживании поверхности методом орошения бактерицидный эффект зависит прежде всего от концентрации активного хлора в используемом растворе. При объемном способе — от концентрации раствора активного хлора и длительности контакта.

Перед дезинфекцией воду из резервуаров выпускают через грязевую трубу, оставляя слой высотой 30—40 см. После этого в резервуар спускается рабочий, который щеткой “сгоняет” со дна осадок к выпускному отверстию и удаляет его через грязевой выпуск последними порциями воды. Затем стены резервуара обмывают водой из шланга, присоединенного к внутренней сети водопроводной станции, тщательно протирают сверху вниз щетками на длинных ручках и повторно обильно орошают водой. Далее готовят раствор хлорсодержащего реагента (кальция гипохлорита или хлорной извести и т. п.) из расчета 200—250 мг активного хлора на 1 л воды. Необходимое количество

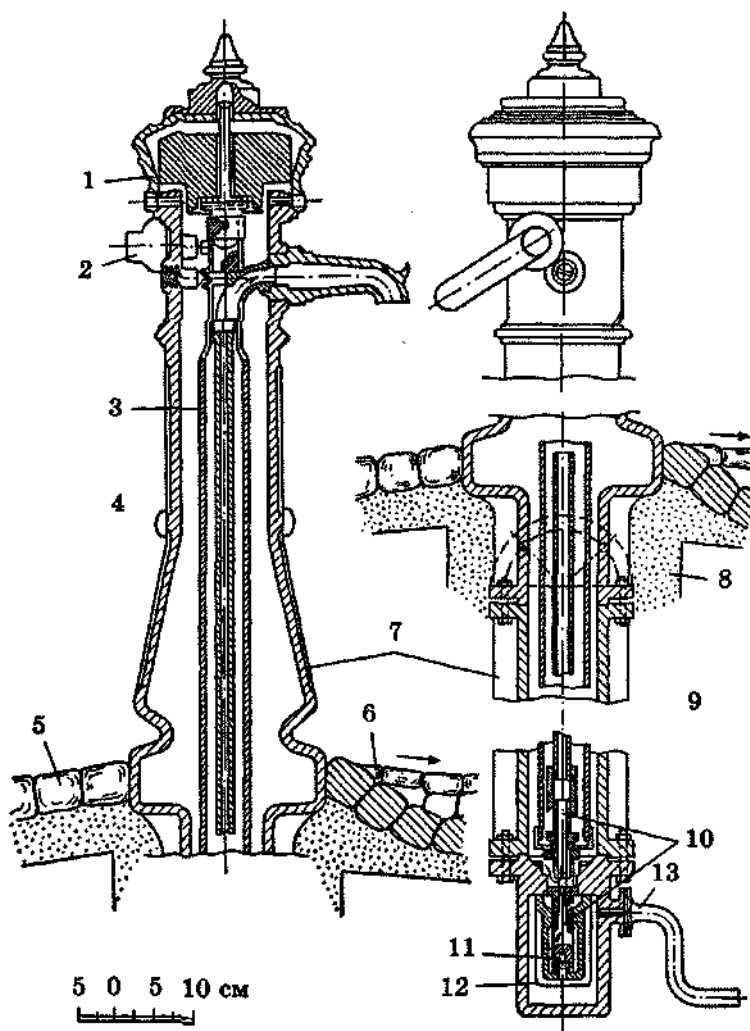


Рис. 32. Водоразборная колонка московского типа:

1 — груз; 2 — ось ручки; 3 — труба-шланг; 4 — верх; 5 — мостовая; 6 — лоток; 7 — чугунный корпус; 8 — песок; 9 — низ; 10 — эжектор; 11 — клапан; 12 — сетка; 13 — присоединение к водопроводу

раствора определяют из расчета 0,3—0,5 л на 1 м² поверхности стен и дна резервуара. Подготовленные соответствующим образом стены и дно резервуара орошают дезинфицирующим раствором из шланга под давлением или протирают поверхности щетками, смоченными в растворе. Через 1—1,5 ч с продезинфицированных поверхностей хлор смывают чистой водопроводной водой, которую удаляют через грязевой выпуск.

Дезинфекция объемным способом рекомендована для резервуаров или напорных баков небольших размеров. После предварительной механической очистки и промывания резервуары наполняют раствором кальция гипохлорита

с концентрацией активного хлора 75—100 мг/л. Продолжительность контакта — от 5 до 6 ч. После этого раствор хлора спускают через грязевую трубу и промывают резервуар.

Дезинфекцию водопроводной сети или ее отдельного участка проводят следующим образом:

1) очищают путем длительной и интенсивной промывки в течение не менее 4—5 ч при возможно большей скорости движения воды в трубах (1,2—1,5 м/с и более);

2) водопроводные трубы заполняют раствором хлорсодержащего реагента с концентрацией активного хлора 75—100 мг/л. Продолжительность контакта — не менее 6 ч;

3) после окончания дезинфекции водопроводную сеть освобождают от дезинфицирующего раствора путем промывки сети до получения воды с содержанием свободного хлора в пределах 0,3—0,5 мг/л. После этого с разрешения СЭС водопроводную сеть можно эксплуатировать. В следующие дни необходимо усилить бактериологический контроль качества воды для окончательной оценки эффективности дезинфекции.

Гигиенические требования к децентрализованному водоснабжению населенных мест

Несмотря на значительное развитие централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, в большинстве сельских населенных пунктов используют местное (децентрализованное) водоснабжение, при котором население берет воду непосредственно из источника. Чаще всего в качестве источника водоснабжения используют подземные воды (грунтовые и родниковые). Берут воду из подземных источников при помощи шахтных и трубчатых колодцев или каптажей.

Гигиенические требования к качеству воды в шахтных колодцах. По составу и свойствам колодезная и родниковая вода, используемая обычно без обработки, должна быть безопасной в эпидемическом отношении, безвредной по химическому составу и обладать хорошими органолептическими свойствами, то есть отвечать общим требованиям, которые предъявляют к доброкачественной питьевой воде. При гигиенической оценке колодезной и родниковой воды руководствуются требованиями "Санитарных правил по устройству и содержанию колодцев и каптажей родников, используемых для децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения" (№ 1226-75).

Органолептические свойства колодезной и родниковой воды признают удовлетворительными, если она прозрачна (прозрачность не ниже 30 см по шрифту Снеллена), практически бесцветна (цветность — не выше 30° по платиново-кобальтовой или хромово-кобальтовой шкале), не имеет посторонних запахов и привкусов, а интенсивность природных запахов и привкусов при температуре 20 °С не превышает 2—3 баллов. Усиление запаха, снижение про-

зрачности и повышение цветности ухудшают органолептические свойства колодезной и родниковой воды, ограничивают ее использование, а иногда свидетельствуют о загрязнении воды в результате погрешностей в оборудовании водозаборных сооружений (колодцев или каптажей родников), неправильного их размещения относительно потенциальных источников загрязнения, или неправильной эксплуатации. Иногда причиной снижения прозрачности и повышения цветности колодезной и родниковой воды может быть высокая концентрация солей железа (свыше 1 мг/л).

В колодезной воде, которая является эпидемически безопасной, индекс БГКП обычно не превышает 10 (коли-титр не менее 100), микробное число — не более 400 в 1 см³. При таких санитарно-микробиологических показателях в воде не определяют возбудителей кишечных инфекций, имеющих водный фактор передачи.

Содержание нитратов в колодезной и родниковой воде не должно превышать 45 мг/л, в перерасчете на азот нитратов — 10 мг/л. Превышение указанной концентрации может обусловить водно-нитратную метгемоглобинемию (острый токсический цианоз) у младенцев, находящихся на искусственном вскармливании, вследствие использования воды с высоким содержанием нитратов для приготовления питательных смесей. Незначительное повышение уровня метгемоглобина в крови без угрожающих признаков гипоксии может наблюдаться и у детей в возрасте от 1 до 6 лет, а также у людей пожилого возраста.

Увеличение содержания аммонийных солей, нитритов и нитратов в колодезной и родниковой воде может свидетельствовать о загрязнении почвы, через которую фильтруется питающая источник вода, а также о том, что одновременно с этими веществами могли попасть патогенные микроорганизмы. При свежем загрязнении в воде увеличивается содержание аммонийных солей. Наличие нитратов в воде при условии отсутствия аммиака и нитритов свидетельствует о сравнительно давнем поступлении в воду азотсодержащих веществ. При систематическом загрязнении в воде выявляют как аммонийные соли, так и нитриты и нитраты. К увеличению содержания нитратов в грунтовых водах также приводит интенсивное использование в сельском хозяйстве азотных удобрений. Повышение перманганатной окисляемости грунтовой воды свыше 4 мг/л свидетельствует о возможном загрязнении легкоокисляющимися веществами минерального и органического происхождения. Одним из показателей загрязнения местных водоисточников водоснабжения являются хлориды. В то же время высокие концентрации (свыше 30—50 мг/л) хлоридов в воде могут быть вызваны их вымыванием из солончаковых почв. При таких условиях в 1 л воды могут содержаться сотни и тысячи миллиграммов хлоридов. Вода с содержанием хлоридов свыше 350 мг/л имеет солоноватый вкус и отрицательно влияет на организм. Для правильной оценки происхождения хлоридов следует учесть их наличие в воде соседних однотипных водоисточников, а также другие показатели загрязнения.

В отдельных случаях каждый из этих показателей может иметь и другую природу. Например, органические вещества могут быть растительного происхождения. Поэтому воду из местного источника можно считать загрязненной

только при следующих условиях: 1) повышен не один, а несколько санитарно-химических показателей загрязнения; 2) одновременно повышены санитарно-микробиологические показатели эпидемической безопасности — микробное число и коли-индекс; 3) возможность загрязнения подтверждается данными санитарного обследования колодца или каптажа родника.

Гигиенические требования к размещению и устройству шахтных колодцев. Шахтный колодец — это сооружение, при помощи которого население набирает грунтовую воду и поднимает ее на поверхность. В условиях местного водоснабжения одновременно выполняет функции водозаборного, водоподъемного и водоразборного сооружений.

При выборе места размещения колодца, кроме гидрогеологических условий, необходимо учитывать санитарные условия местности и удобство пользования колодцем. Расстояние от колодца до потребителя не должно превышать 100 м. Колодцы размещают по уклону местности выше всех источников загрязнения, расположенных и на поверхности, и в толще грунта. При соблюдении этих условий расстояние между колодцем и источником загрязнения (площадкой для подземной фильтрации, выгребом, компостом и пр.) должно быть не менее 30—50 м. Если потенциальный источник загрязнения расположен выше по рельефу местности, чем колодец, то расстояние между ними в случае мелкозернистой почвы должно быть не менее 80—100 м, а иногда даже 120—150 м.

Научно обосновать величину санитарного разрыва между колодцем и потенциальным источником загрязнения почвы можно по формуле Салтыкова — Белицкого, в которой учтены местные почвенные и гидрогеологические условия. Расчет основывается на том, что загрязнения, продвигаясь вместе с грунтовыми водами в направлении колодца, не должны достичь места водозабора, то есть должно быть достаточно времени для обеззараживания загрязнения. Расчет производят по формуле:

$$L = \sqrt{\frac{k \cdot (n_1 - n_2) \cdot t}{\mu}},$$

где L — допустимое расстояние между источником загрязнения и точкой водозабора (м), k — коэффициент фильтрации¹ (м/сут) определяют экспериментально либо по таблицам, n_1 — уровень подземных вод в районе загрязнения водоносного горизонта, определяется экспериментально нивелиром; n_2 — уровень воды водоносного горизонта в точке водозабора; t — необходимое время движения воды между источником загрязнения и точкой водозабора (это время принимается равным для бактериальных загрязнений 200 сут, а для химических — 400 сут); μ — активная пористость почвы².

Коэффициент фильтрации — расстояние, которое проходит вода в почве, двигаясь вертикально вниз под действием силы тяжести. Зависит от механического состава почвы. Составляет для среднезернистых песков — 0,432, для мелкозернистых — 0,043, для суглинков — 0,0043 м/сут.

Активная пористость — это соотношение объема пор образца водовмещающей породы к общему объему образца. Зависит от механического состава грунта: для крупнозернистых песков — 0,15, для мелкозернистых — 0,35.

Эта формула пригодна для расчетов лишь в том случае, когда водовмещающей породой являются мелко- и среднезернистые пески. Если водовмещающей слой представлен крупнозернистыми песками или даже гравелистыми грунтами, к найденной величине следует добавить коэффициент запаса A :

$$L = \sqrt{\frac{k \cdot (n_1 - n_2) \cdot t}{\mu}} + A.$$

Коэффициент определяют по формуле: $A = a_1 + a_2 + a_3$, где a_1 — радиус воронки депрессии¹ максимально составляет для крупнозернистых песков 300—400 м, для среднего гравия — 500—600 м; a_2 — расстояние, на которое распространяется факел загрязнения (в зависимости от мощности источника загрязнения колеблется от 10 до 100 м); a_3 — величина охранной зоны, нарушающей гидравлическую связь между факелом загрязнения и периферическим концом радиуса воронки депрессии (10—15 м).

Колодец — это вертикальная шахта квадратного или круглого сечения (площадью приблизительно 1 м²), которая доходит до водоносного слоя (рис. 33). Дно оставляют открытым, а боковые стенки закрепляют водонепроницаемым материалом (бетон, железобетон, кирпич, дерево и др.). На дно колодца насыпают слой гравия толщиной 30 см. Стенки колодца должны подниматься над поверхностью земли не менее чем на 1 м. Вокруг колодца оборудуют глиняный замок и отмопку для предупреждения просачивания вдоль стенок колодца (снаружи) загрязнений, которые вымываются из поверхностных слоев почвы. Для строительства глиняного замка вокруг колодца выкапывают яму глубиной 2 м, шириной 1 м и заполняют ее жирной глиной. Для отмопки вокруг наземной части колодца поверх глиняного замка в радиусе 2 м делают подсыпку песком и заливают цементом или бетоном с уклоном для отведения в сторону от колодца атмосферных осадков и воды, разливающейся при пользовании колодцем. Для отведения ливневых вод устраивают перехватывающую канаву. В радиусе 3—5 м вокруг общественных колодцев должно быть сделано ограждение для ограничения подъезда транспорта.

Подъем воды из колодца желательно осуществлять при помощи насоса. Если это невозможно, то оборудуют коловорот с закрепленным на нем общественным ведром. Пользоваться собственным ведром недопустимо, так как с этим связана наибольшая опасность загрязнения воды в колодце. Сруб колодца плотно закрывают крышкой и над срубом и коловоротом делают навес.

Каптажем называется специальное сооружение для сбора родниковой воды (рис. 34). Место выхода воды должно быть ограждено водонепроницаемыми стенками и закрыто сверху. Чтобы в родник не попадали поверхностные стоки, устраивают отводные каналы. Вокруг стенок каптажа оборудуют замок из жирной глины и отмопку. Материалами для каптажных сооружений могут

¹ Воронка депрессии — зона пониженного давления, формирующаяся в водовмещающей породе при откачивании воды из колодца вследствие сопротивления, которое оказывает порода. Зависит от механического состава породы и скорости откачивания воды.

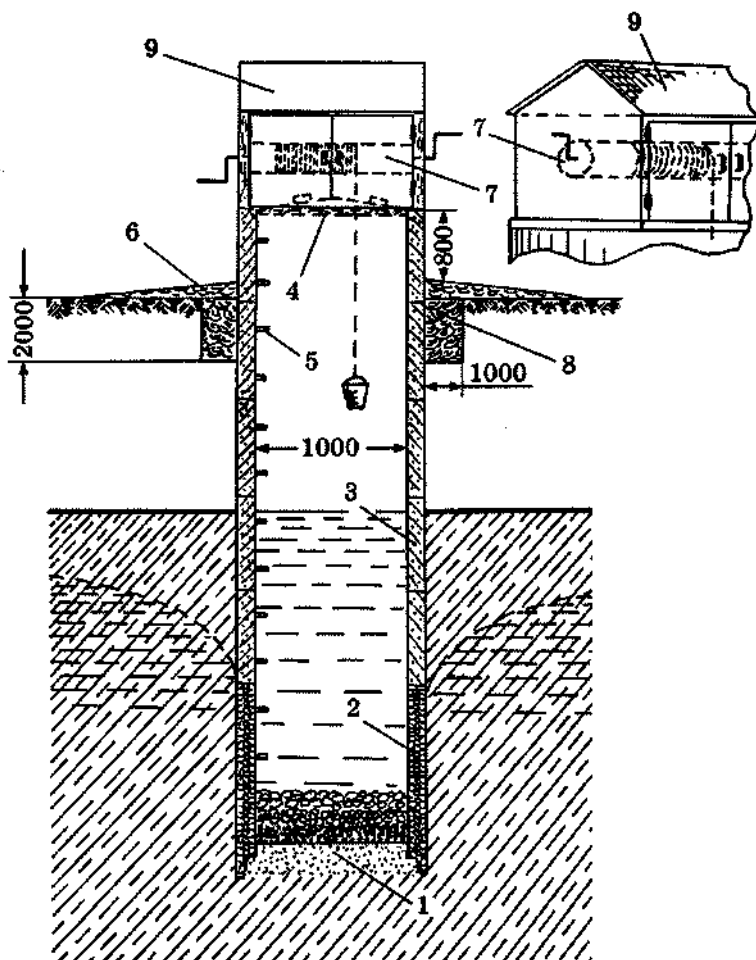


Рис. 33. Общий вид шахтного колодца:

1 — донный трехслойный фильтр; 2 — железобетонные кольца из пористого бетона; 3 — железобетонные кольца; 4 — крышка; 5 — лазовые скобы; 6 — каменная отмостка; 7 — коловорот; 8 — глиняный замок; 9 — крышка навеса

быть бетон, железобетон, кирпич, камень, дерево. Чтобы вода в каптаже не поднималась выше определенного уровня, на этом уровне оборудуют переливную трубу.

Санация шахтных колодцев. Санация шахтного колодца — это комплекс мероприятий по ремонту, очистке и дезинфекции колодца с целью предупреждения загрязнения воды в нем.

С профилактической целью санацию колодца проводят перед вводом его в эксплуатацию, а далее, если эпидемическая ситуация благоприятна, нет загрязнения и жалоб от населения на качество воды, — периодически раз в год после очистки и текущего ремонта. Обязательным является проведение

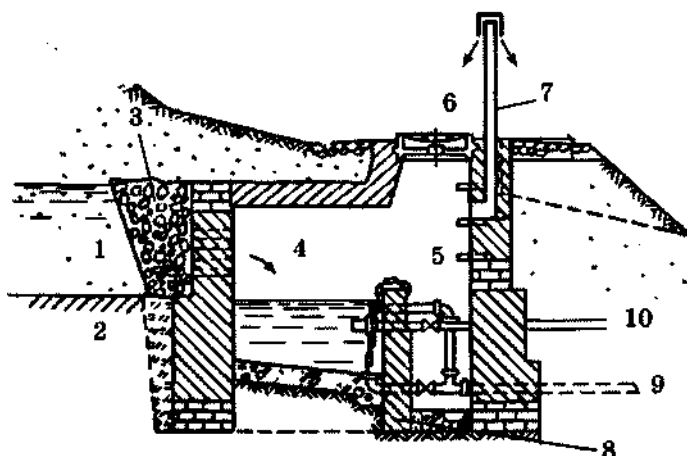


Рис. 34. Простой каптаж нисходящего родника: 1 — водоносный слой; 2 — водоупорный слой; 3 — гравийный фильтр; 4 — приемная камера; 5 — смотровой колодец; 6 — люк смотрового колодца с крышкой; 7 — вентиляционный люк; 8 — перегородка; 9 — выпуск в канализацию или ров; 10 — труба, подающая воду потребителю

профилактической дезинфекции после капитального ремонта колодца. Профилактическая санация состоит из двух этапов: 1) очистки и ремонта; 2) дезинфекции.

Если имеются эпидемиологические основания считать колодец очагом распространения острых желудочно-кишечных инфекционных заболеваний, а также, если имеется подозрение (тем более данные) о загрязнении воды фекалиями, трупами животных, другими посторонними предметами, санацию проводят по *эпидпоказаниям*. Санацию по эпидпоказаниям проводят в три этапа: 1) предварительная дезинфекция; 2) очистка и ремонт; 3) заключительная дезинфекция.

Методика санации шахтных колодцев. Санацию по эпидпоказаниям начинают с дезинфекции подводной части колодца объемным способом. Для этого определяют объем воды в колодце и рассчитывают необходимое количество хлорной извести или кальция гипохлорита по формуле:

$$P = \frac{E \cdot C \cdot 100}{H},$$

где P — количество хлорной извести или кальция гипохлорита (г), E — объем воды в колодце (m^3); C — заданная концентрация активного хлора в воде колодца (100—150 г/ m^3), достаточная для обеззараживания стенок сруба и гравийного фильтра на дне, H — содержание активного хлора в хлорной извести или в кальции гипохлорите (%); 100 — постоянный числовой коэффициент. Если вода в колодце очень холодная ($+4\text{ }^{\circ}C \dots +6\text{ }^{\circ}C$), количество хлорсодержащего препарата для дезинфекции колодца объемным способом увеличивают вдвое.

Рассчитанное количество дезинфектанта растворяют в небольшом объеме воды в ведре до получения равномерной смеси, осветляют отстаиванием и выливают этот раствор в колодец. Воду в колодце хорошо перемешивают в течение 15—20 мин шестами или частым опусканием и подниманием ведра на тресе. Затем колодец закрывают крышкой и оставляют на 1,5—2 ч.

После предварительной дезинфекции из колодца полностью откачивают воду насосом или ведрами. Перед тем как человек спускается в колодец, проверяют, не накопился ли там CO_2 , для чего в ведре на дно колодца опускают зажженную свечу. Если она гаснет, то работать можно только в противогазе.

Затем производят очистку дна от ила, грязи, мусора и случайных предметов. Стенки сруба очищают механическим путем от загрязнений и обрастаний и при необходимости ремонтируют. Выбранные из колодца грязь и ил помещают в яму на расстоянии не менее 20 м от колодца на глубину 0,5 м, заливают 10% раствором хлорной извести или 5% раствором кальция гипохлорита и закапывают.

Для окончательной дезинфекции наружную и внутреннюю поверхность сруба орошают из гидропульта 5% раствором хлорной извести или 3% раствором кальция гипохлорита из расчета $0,5 \text{ дм}^3$ на 1 м^2 площади. Затем ждут, пока колодец наполнится водой до обычного уровня, после чего дезинфицируют подводную его часть объемным способом из расчета 100—150 мг активного хлора на 1 л воды в колодце в течение 6—8 ч. По истечении указанного времени контакта берут пробу воды из колодца и проверяют ее на наличие остаточного хлора или делают пробу на запах. Если запах хлора отсутствует, добавляют $1/4$ или $1/3$ от первоначального количества препарата и оставляют еще на 3—4 ч. После этого отбирают пробу воды и направляют в лабораторию территориальной СЭС для бактериологического и физико-химического анализа. Должно быть проведено не менее 3 исследований, через 24 ч каждое.

Дезинфекцию колодца с профилактической целью начинают с определения объема воды в колодце. Затем откачивают воду, чистят и ремонтируют колодец, дезинфицируют наружную и внутреннюю части сруба методом орошения, выжидают, пока колодец наполнится водой, и дезинфицируют подводную часть объемным способом.

Обеззараживание воды в колодце с помощью дозирующих патронов.

Среди мероприятий по оздоровлению местного водоснабжения важное место занимает непрерывное обеззараживание воды в колодце при помощи дозирующих патронов. Показаниями к этому являются: 1) несоответствие микробиологических показателей качества воды в колодце санитарным требованиям; 2) наличие признаков загрязнения воды по санитарно-химическим показателям (обеззараживают до выявления источника загрязнения и получения положительных результатов после санации); 3) недостаточное улучшение качества воды после дезинфекции (санации) колодца (коли-титр ниже 100, коли-индекс выше 10); 4) в очагах кишечных инфекций в населенном пункте после дезинфекции колодца вплоть до ликвидации очага. Обеззараживают воду в колодце с помощью дозирующего патрона только специалисты территориальной СЭС, *обязательно контролируя при этом качество воды по санитарно-химическим и микробиологическим показателям.*

Дозирующие патроны представляют собой керамические емкости цилиндрической формы вместимостью 250, 500 или 1000 см^3 . Изготавливают их из шамотной глины, инфузорной земли (рис. 35). В патроны засыпают хлорную известь или кальция гипохлорит и погружают их в колодец. Количество

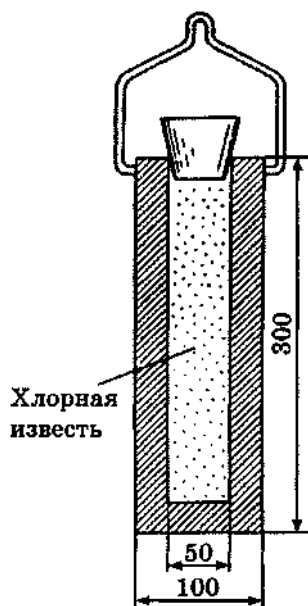


Рис. 35. Дозирующий патрон

необходимых для обеззараживания воды хлорсодержащих веществ зависит от многих факторов. К ним относятся: исходное качество грунтовой воды, характер, степень загрязнения и объем воды в колодце, интенсивность и режим водоразбора, скорость поступления грунтовых вод, дебит колодца. Количество активного хлора зависит и от санитарного состояния колодца: количества придонного ила, степени загрязнения сруба и т. п. Известно, что возбудители кишечных инфекций в придонном иле находят благоприятные условия и длительное время сохраняют жизнедеятельность. Вот почему длительное обеззараживание (хлорирование) воды при помощи дозирующих патронов не может быть эффективным без предварительной очистки и дезинфекции колодца.

Количество кальция гипохлорита активностью не ниже 52%, необходимое для длительного обеззараживания воды в колодце, рассчитывают по формуле:

$$X_1 = 0,07 \cdot X_2 + 0,08 \cdot X_3 + 0,02 \cdot X_4 + 0,14 \cdot X_5,$$

где X_1 — количество препарата, необходимое для загрузки патрона (кг), X_2 — объем воды в колодце (м^3), рассчитывают как произведение площади сечения колодца на высоту водяного столба; X_3 — дебит колодца ($\text{м}^3/\text{ч}$), определяют экспериментально; X_4 — водоразбор ($\text{м}^3/\text{сут}$), устанавливают путем опроса населения; X_5 — хлорпоглощаемость воды ($\text{мг}/\text{л}$), определяют экспериментально.

Формула дана для расчета количества кальция гипохлорита, содержащего 52% активного хлора. В случае дезинфекции хлорной известью (25% активного хлора) расчетное количество препарата следует увеличить в 2 раза. При обеззараживании воды в колодце в зимнее время расчетное количество препарата также увеличивают вдвое. Если содержание активного хлора в дезинфектанте ниже расчетного, то производят перерасчет по формуле:

$$P = \frac{X_1 \cdot H_1}{H_2},$$

где P — количество хлорной извести или кальция гипохлорита (кг); X_1 — рассчитанное по предыдущей формуле количество кальция гипохлорита (кг); H_1 — содержание активного хлора в кальции гипохлорите, принятое в расчет (52%); H_2 — фактическое содержание активного хлора в препарате — кальции гипохлорите или хлорной извести (%). Кроме того, при обеззараживании воды в колодце в зимнее время расчетное количество препарата увеличивают вдвое.

Для определения *дебита* — количества воды (в 1 м^3), которое можно получить из колодца за 1 ч, в течение определенного времени быстро откачивают

из него воду, измеряя ее количество, и регистрируют время восстановления исходного уровня воды. Рассчитывают дебит колодца по формуле:

$$D = \frac{V \cdot 60}{t},$$

где D — дебит колодца ($\text{м}^3/\text{ч}$), V — объем откачанной воды (м^3); t — суммарное время, состоящее из времени откачивания и восстановления уровня воды в колодце (мин); 60 — постоянный коэффициент.

Перед заполнением патрон предварительно выдерживают в воде в течение 3—5 ч, затем заполняют рассчитанным количеством дезинфицирующего хлорсодержащего препарата, добавляют 100—300 см^3 воды и тщательно перемешивают (до образования равномерной смеси). После этого патрон закрывают керамической или резиновой пробкой, подвешивают в колодце и погружают в толщу воды приблизительно на 0,5 м ниже верхнего уровня воды (на 0,2—0,5 м от дна колодца). Благодаря пористости стенок патрона активный хлор поступает в воду.

Контроль за концентрацией активного остаточного хлора в воде колодца проводят через 6 ч после погружения дозирующего патрона. Если концентрация активного остаточного хлора в воде ниже 0,5 мг/л, необходимо погрузить дополнительный патрон и провести затем соответствующий контроль эффективности обеззараживания. Если концентрация активного остаточного хлора в воде значительно выше 0,5 мг/л, извлекают один из патронов и проводят соответствующий контроль эффективности обеззараживания. В дальнейшем контролируют концентрацию активного остаточного хлора не реже одного раза в неделю, проверяя также микробиологические показатели качества воды.

Периодичность замены патрона, которую выполняют только специалисты СЭС, составляет 3—4 нед. Патрон извлекают из колодца, удаляют из него остатки препарата, тщательно промывают. Для очистки пор от солей кальция карбоната погружают в слабый раствор уксусной кислоты (1:250) на 1—6 ч в зависимости от интенсивности осадка. Далее промывают водой и высушивают. После такой обработки патрон становится пригодным для повторного использования.

Государственный санитарный надзор и лабораторный контроль в области водоснабжения населенных мест

В соответствии с действующим законодательством обеспечить жителей населенных мест доброкачественной питьевой водой в достаточном количестве обязаны органы государственной исполнительной власти, местного и регионального самоуправления (Закон Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения", ст. 18). Для решения проблемы рационального водоснабжения населенных мест важное значение имеет правильно организованный и систематический санитарный надзор. Государствен-

ный санитарный надзор за хозяйственно-питьевым водоснабжением осуществляют учреждения государственной санитарно-эпидемиологической службы, прежде всего СЭС. В сельской местности к контролю за местным водоснабжением привлекают персонал врачебных участков и фельдшерско-акушерских пунктов.

Государственный санитарно-эпидемиологический надзор предусматривает контроль за соблюдением юридическими (ведомствами, учреждениями, предприятиями и пр.) и физическими (гражданами) лицами санитарного законодательства в области водоснабжения населенных мест и применение мер правового характера к нарушителям. Государственный санитарно-эпидемиологический контроль за хозяйственно-питьевым водоснабжением осуществляется в двух формах: предупредительного и текущего санитарного надзора. Во время его проведения врач-гигиенист руководствуется следующими законодательными и официальными документами: Конституцией Украины, Основами законодательства об охране здоровья, законами "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения", "Об охране окружающей природной среды", "О питьевой воде и питьевом водоснабжении", Водным кодексом, СанПиН "Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения", ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством", ГОСТ 2761-84 "Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора", Санитарными правилами по устройству и содержанию колодцев и каптажей родников, используемых для децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения № 1226-75, ДР-97 "Допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах питания и питьевой воде", СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения", СНиП 2.04.02-85 "Внутренний водопровод и канализация зданий", "Положением о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения", Постановлением "Правовой режим зон санитарной охраны водных объектов", а также другими государственными стандартами, санитарными правилами и нормами на отдельные сооружения и технологии, инструктивно-методическими документами, утвержденными Министерством здравоохранения Украины.

Предупредительный санитарный надзор. Главная роль в обеспечении рационального хозяйственно-питьевого водоснабжения принадлежит предупредительному санитарному надзору.

Предупредительный санитарный надзор в процессе организации централизованного *хозяйственно-питьевого водоснабжения предусматривает:*

- 1) участие врача-гигиениста в выборе источника водоснабжения, места размещения водозабора и головных сооружений водопровода, а также в установлении границ ЗСО;
- 2) рассмотрение проектов расширения и реконструкции действующих и строительства новых водопроводов, в том числе и проектов ЗСО;

- 3) санитарный надзор во время строительства водопроводов;
- 4) участие в приемке в эксплуатацию водопроводов и отдельных водопроводных сооружений.

Начинается предупредительный санитарный надзор на стадии **выбора источника водоснабжения**. В этой важной работе, которую проводит комиссия специалистов (гидрогеологов, гидробиологов, гидрологов, специалистов в области строительства и технологии водоподготовки, экономистов), санитарному врачу предоставляют особые полномочия, согласно "Положения о государственном санитарном надзоре". Окончательное заключение о пригодности источника водоснабжения для хозяйственно-питьевых целей дает санитарно-эпидемиологическая служба.

На стадии выбора источника хозяйственно-питьевого водоснабжения санитарный врач принимает участие в сборе ретроспективных данных о санитарном состоянии водных объектов и окружающей территории в районе будущего строительства водопровода, определяет места и сроки взятия проб воды. Право на проведение анализов воды во время выбора источника, в соответствии с ГОСТом 2761-84 "Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора", также закреплено за лабораториями СЭС.

В процессе проектирования водопровода санитарно-эпидемиологическая служба должна обеспечить проектирующую организацию информацией о санитарном состоянии территории будущих ЗСО водного источника и водопровода с учетом перспектив развития народного хозяйства, жилищного строительства и благоустройства. Большое значение имеет **экспертиза проектов** строительства новых и реконструкции имеющихся водопроводов.

Хозяйственно-питьевые водопроводы сооружают по индивидуальным проектам с использованием типовых решений отдельных сооружений и узлов. Во время рассмотрения проекта хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо дать оценку принципиальным вопросам: достаточна ли мощность водопровода для бесперебойного обеспечения населения необходимым количеством воды, отвечает ли дебит источника мощности водопровода, надлежащим ли образом спроектирована схема водоподготовки исходя из качества воды источника водоснабжения, правильно ли обозначены границы ЗСО и достаточно ли намеченных мероприятий по оздоровлению ее территории. Все указанные вопросы нужно рассматривать с учетом перспектив народнохозяйственного развития населенного пункта или района, на территории которых проектируют водопровод.

Правильную оценку проекту санитарный врач может дать только на основании собственных материалов о водных ресурсах данной местности, качестве воды, санитарно-эпидемическом состоянии территории района, существующих очагах загрязнения. Эти сведения собирают в СЭС в процессе текущего санитарного надзора. Замечания к проекту должны подкрепляться ссылками на документы действующего санитарного законодательства (Госстандарты, санитарные правила, СНиПы, правительственные постановления).

Работа врача-гигиениста на стадии экспертизы проекта водоснабжения населенного пункта состоит из нескольких этапов:

1. Ознакомление с паспортными данными проекта, а именно — названием проекта, организацией-заказчиком, организацией-разработчиком, авторами проекта и пр.

2. Проверка полноты представленных материалов, а именно наличия: 1) пояснительной записки с характеристикой населенного пункта и перспектив его развития, расчетами общего водопотребления населенного пункта, обоснованием необходимости строительства или реконструкции водопровода, выбором оптимального варианта схемы водоснабжения и обработки воды, с расчетами очистных сооружений, их всесторонней характеристикой, характеристикой водоводов и водопроводной сети; 2) графических материалов (ситуационного плана местности, генерального плана населенного пункта, плана площадки головных водопроводных сооружений, плана и профилей водоводов и водопроводной сети); 3) проекта ЗСО с текстовой частью и графическими материалами; 4) приложений.

3. Ознакомление с официальными нормативными документами, на основании которых будет проводиться экспертиза проекта.

4. Санитарная экспертиза предоставленных материалов. На этом этапе врач-гигиенист проверяет расчеты водопотребления населенного пункта, дает гигиеническую оценку правильности выбора источника водоснабжения и места водозабора, делает заключение о правильности выбора технологической схемы обработки воды и места расположения площадки головных водопроводных сооружений, о правильности расчета и устройства отдельных сооружений водопровода и водопроводной сети. Дает гигиеническую оценку проекту ЗСО (правильность обоснования границ отдельных поясов и достаточность предусмотренных мероприятий).

5. Составление экспертного заключения о возможности и условиях реализации рассмотренного проекта. На этом заканчивается работа врача-гигиениста над проектом. Проект может быть согласован и не согласован. При неправильном (ошибочном) решении принципиальных вопросов в проекте его отклоняют и направляют на доработку, указав конкретную причину.

Санитарный надзор во время строительства водопроводов. В процессе строительства водопровода осуществляют надзор за выполнением проектных решений, комплексным строительством очистных сооружений и сети, соблюдением сроков строительства. Представители государственного санитарного надзора должны присутствовать во время составления акта приемки скрытых работ. В дальнейшем врач-гигиенист должен ежеквартально проводить санитарное обследование строительства водопровода и результаты оформлять актом.

Участие в приеме в эксплуатацию водопроводов и отдельных водопроводных сооружений. Последний этап предупредительного санитарного надзора — участие санитарного врача в работе рабочей и государственной комиссий по приему водопровода в эксплуатацию. Сооружения должны быть в действующем состоянии. Рабочая комиссия проверяет соответствие строительно-мон-

тажных работ проектной документации, дает заключение о результатах пробной эксплуатации оборудования и гидравлических испытаний, принимает решение о возможности предъявления объекта к приему государственной комиссией. Государственная комиссия знакомится с утвержденным проектом водопровода, экспертным заключением по проекту СЭС, проверяет акты скрытых работ, акт приемки рабочей комиссии, определяет соответствие построенного объекта утвержденному проекту и готовность его к эксплуатации. Кроме сооружений водопровода, следует оценить правильность проведения предусмотренных проектом мероприятий по организации и благоустройству ЗСО источника водоснабжения. После этого при отсутствии замечаний составляют акт приемки объекта в эксплуатацию. Если выявляют даже незначительные недоработки, санитарный врач не имеет права подписывать акт государственной приемки.

Текущий санитарный надзор должен способствовать соблюдению правильного технологического режима обработки воды, своевременному выявлению дефектов в работе очистных сооружений и сети и предупреждению подачи населению воды, не отвечающей требованиям действующего государственного стандарта (СанПиН "Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения" или ГОСТу 2874-82 "Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством"). Его целью является контроль за содержанием акватории, санитарным состоянием территории ЗСО, всех сооружений водопровода, соблюдением обслуживающим персоналом санитарного минимума, своевременностью прохождения ими медицинских осмотров.

Согласно закону Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения" (ст. 26) персонал водопроводных станций и лица, обслуживающие водонапорные башни, резервуары чистой воды и колонки, должны проходить предварительные (до принятия на работу) и периодические медицинские осмотры. Перед тем как приступить к работе, проходят осмотр терапевта и дерматолога, флюорографию, обследование на носительство возбудителей кишечных инфекций и гельминтов. В дальнейшем их осматривают терапевт, дерматолог, им делают флюорографию 1 раз в год, а обследование на бактерионосительство — по эпидемическим показаниям. Результаты обследования заносят в индивидуальные санитарные книжки, которые хранятся на объекте. Тех, кто в установленный срок без уважительных причин не прошли медицинский осмотр в полном объеме, не допускают к работе, их могут привлечь к дисциплинарной ответственности.

Ввиду важной роли доброкачественной питьевой воды в оздоровлении условий жизни населения органы санитарно-эпидемиологической службы не могут ограничиться исполнением лишь контрольных функций. Они должны выступать инициаторами мероприятий по улучшению всей системы водоснабжения населенных мест.

Основой текущего санитарного надзора является паспортизация сооружений водопровода. Паспорт составляют на каждый объект водопровода (водопроводные станции, наружные водоразборные сооружения, водонапорные башни и др.). Начинают с санитарного описания, содержащего все сведения,

необходимые для санитарной характеристики объекта. В дальнейшем к нему прилагаются материалы, отражающие все изменения, которые происходят в состоянии и содержании объекта во время его эксплуатации, копии актов санитарного обследования, всех замечаний санитарного надзора, предъявленных администрации водопровода с целью улучшения работы, результаты лабораторных исследований.

Успех текущего санитарного надзора за хозяйственно-питьевым водоснабжением во многом определяется организацией систематического лабораторного контроля качества воды, которая поступает в сеть водопровода, и питьевой воды в точках водоразбора. Различают лабораторно-производственный контроль, осуществляемый собственником водопровода, и санитарно-лабораторный контроль, который является элементом текущего санитарного надзора и осуществляется СЭС. На больших водопроводах, имеющих собственные аналитические лаборатории, лабораторно-производственный контроль качества воды проводят силами этих лабораторий в соответствии с требованиями действующего стандарта (ГОСТ 2874-82 или СанПиН "Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству питьевой воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения"). Качество воды водопроводов, не имеющих собственных лабораторий, контролируют передвижные автолаборатории, подчиненные учреждениям водопроводно-канализационного хозяйства области, или лаборатория местной СЭС по хозрасчетному договору.

Лабораторно-производственный контроль за качеством воды регламентирован ГОСТом 2874-82. В соответствии с ним во время анализа проб питьевой воды в распределительной сети ограничиваются определением общего микробного числа, коли-индекса и органолептических свойств воды (цветности, мутности, запаха, вкуса и привкуса). Места взятия проб из сети (из отдаленных уличных водоразборных колонок, тупиковых линий) и периодичность систематического контроля ведомственными лабораториями обязательно согласовывают с СЭС. Объем анализов воды из распределительной сети зависит от количества населения, обслуживаемого водопроводом.

На всех водопроводах, на которых воду обеззараживают хлором или озоном, ежечасно контролируют их остаточные количества (см. с. 177). С учетом этого целесообразно на всех водопроводах, на которых хлорируют воду, независимо от их мощности внедрить автоматические анализаторы остаточного хлора. Это существенно повысит контрольную функцию показателя.

Санитарно-лабораторный контроль за качеством воды хозяйственно-питьевого водопровода осуществляет лаборатория территориальной СЭС по собственному плану согласно СанПиНу "Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения". Кроме того, органы и учреждения государственной санитарно-эпидемиологической службы согласовывают все виды работ, которые проводятся или планируются на головных сооружениях водопроводов и водопроводной сети и связаны с ремонтом, реконструкцией, изменением технологии очистки и обеззараживания воды. Территориальная СЭС по эпидпоказаниям согласовывает место введения и дозы дезинфектантов и других реагентов в процессе водопод-

готовки и график контроля за остаточным количеством этих реагентов. Она руководит ведомственной лабораторией, согласовывает графики периодичности взятия проб, их общее количество и содержание анализов лабораторно-производственного контроля за качеством воды. Программа для проведения лабораторно-производственного контроля за качеством воды в системах централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения предусматривает взятие проб в местах водозабора, в процессе обработки воды в очистных сооружениях, перед поступлением в наружную распределительную систему и в водопроводной сети. Периодичность проведения анализов воды в указанных точках определяют исходя их мощности водопровода (объема подачи воды), а в водораспределительной сети — с учетом количества обслуживаемого населения.

Лаборатории территориальных органов государственной санитарно-эпидемиологической службы осуществляют контрольные исследования качества воды с периодичностью, которая определяется типом конкретного водоисточника, объемом воды, подающейся населению, размещением точек взятия проб воды. Различают несколько типов контроля за качеством воды:

1) полный анализ или контроль по всем показателям, регламентированным действующим государственным стандартом на питьевую воду. Является обязательным во время введения нового водопровода в эксплуатацию или после простоя в течение более 5 сут;

2) сокращенный анализ или контроль по некоторым показателям эпидемической безопасности воды (общее микробное число, индекс бактерий группы кишечной палочки), ее химического состава (рН, нитраты, железо, активный остаточный хлор, содержание тригалометанов), органолептических свойств (запах, вкус и привкус, мутность, цветность). Является обязательным после капитального ремонта, реконструкции и переоборудования водопровода и распределительной сети, при изменении технологии обработки воды;

3) общий физико-химический контроль (определение веществ, характеризующих показатели безвредности химического состава воды);

4) специальный контроль эпидемической безопасности питьевой воды (мутность, общее микробное число, индексы бактерий группы кишечной палочки, фекальные коли-формы и коли-фаги, патогенные микроорганизмы, вирусологические, при эпидситуации — и паразитологические показатели);

5) специальный токсикологический контроль (определение высокотоксичных веществ, при необходимости — биотестирование);

6) специальный контроль радиационной безопасности питьевой воды (определение объемной суммарной активности α - и β -излучателей и при необходимости — ее радионуклидного состава).

Если качество воды в точке водозабора не отвечает действующему стандарту (ГОСТ 2761-84) по бактериологическим показателям (общее микробное число, индекс бактерий группы кишечной палочки), нужно немедленно повторно взять пробы воды и провести дополнительные исследования на показатели свежего фекального загрязнения (индекс фекальных коли-форм), патогенные микроорганизмы и коли-фаги. При повторном выявлении бактериального загрязнения в 2 последовательно взятых пробах воды организуют усиленный

контроль за соблюдением режима в ЗСО и технологией очистки и обеззараживания воды. Проводят специальный контроль эпидемической безопасности питьевой воды перед поступлением в наружную распределительную сеть и в самой водопроводной сети.

Перед поступлением в наружную распределительную сеть любое отклонение качества воды от показателей эпидемической безопасности действующего стандарта (ГОСТ 2874-82) следует рассматривать как последствия неудовлетворительной работы очистных сооружений водопровода. При этом нужно немедленно провести специальный контроль эпидемической безопасности питьевой воды в водопроводной сети, усилить контроль за технологией очистки воды и повысить дозы реагентов для обеззараживания.

В водопроводной сети любое отклонение качества воды от показателей эпидемической безопасности действующего стандарта следует рассматривать как чрезвычайно опасную эпидемическую ситуацию. Необходимо немедленно оповестить население, детские и лечебно-профилактические заведения, предприятия общественного питания и пищевой промышленности. В такой ситуации нужно проводить специальные мероприятия на сооружениях водопровода по выявлению и ликвидации причины неблагоприятной эпидемической ситуации.

Нарушение санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических правил и норм, а также невыполнение выданных на их основании предписаний органов государственного санитарно-эпидемического надзора влечет за собой ответственность (дисциплинарную, административную, гражданско-правовую, криминальную) согласно действующему законодательству.

РАЗДЕЛ II САНИТАРНАЯ ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

История развития санитарной охраны поверхностных водоемов. Источники загрязнения. Мероприятия по санитарной охране водных объектов

Под санитарной охраной водных объектов подразумевают комплекс мероприятий (законодательных, организационных, экономических, планировочных, научных, технологических, санитарно-технических), обеспечивающих такое состояние водных ресурсов, которое дает возможность использовать их для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, купания, физической культуры, лечебно-оздоровительных целей, а также сохраняет за водоемами важное значение в формировании микроклимата населенных мест и их ландшафтной и архитектурной выразительности. Иными словами, это защита водных объектов от источников загрязнения.

Проблема санитарной охраны поверхностных водоемов от механических, химических и микробиологических загрязнителей в своем развитии прошла три основных этапа, которые основывались на трех научных направлениях (табл. 12). И сегодня продолжается дискуссия о перспективах дальнейшего развития санитарной охраны поверхностных водоемов.

Первый этап развития проблемы получил название *природоведческого* (по названию первого теоретического направления), суть которого заключалась в сохранении природного качества воды в поверхностных водоемах и сводилась к запрещению отводить в них сточные воды. Начался этот этап в 1876 г. в Англии, где был принят закон об охране рек, большинство из которых использовали как источники водоснабжения. В этом же году аналогичный закон был принят в Пруссии, а в 1882 г. его дополнили пунктом о запрете сброса в водоемы даже биологически очищенных сточных вод. Аналогичные запретные мероприятия начали проводить в России, Франции и других странах. В этот период при условии наличия в городе системы канализации (в Англии уже в 1833 г. сточные воды перемещались самотеком по сети подземных труб или каналов более чем в 50 населенных пунктах) сточные воды разрешали направлять на поля орошения. Если же канализации не было, жидкие отходы вывозили на поля ассенизации. Такие поля орошения появились в Киеве, Берлине, Цюрихе, Москве, Одессе, Лондоне и пр. Очистка сточных вод на полях орошения

**Основные этапы и научные направления по санитарной охране
поверхностных водоемов**

Годы	Этап развития мероприятий по СОВ	Научное направление	Страна-учредительница
1876—1906	Запрет сбрасывания любых (в том числе и частично очищенных) сточных вод в открытые водоемы	Природоведческое, или санитарного максимализма	Англия
1906—1928	Нормирование качества сточных вод с учетом технологических возможностей наиболее современных методов очистки. Разрешение сбрасывать их при соответствии стандарта	Санитарно-технического максимализма	Россия
С 1928 г. до нашего времени	Гигиеническое нормирование качества воды водоемов за 1 км выше течения до ближайшего пункта водопользования. Сбрасывание сточных вод разрешается, если качество воды за 1 км до места использования водоема отвечает гигиеническим требованиям	Физиолого-гигиеническое	Россия

происходила вследствие: испарения и вымерзания за счет природных факторов; фильтрации через слой почвы (толщиной не менее 1 м) и самоочищения от загрязнителей (преимущественно органических и микробных). Затем биологически очищенные сточные воды поступали в грунтовый поток и вместе с ним возвращались в водоемы по так называемому малому кругу круговорота воды в природе (см. с. 112).

Таким образом сточные воды очищались от различных органических загрязнений благодаря жизнедеятельности грунтовых сапрофитных микроорганизмов. В них отмирали патогенные микроорганизмы, сорбированные на частицах почвы, сточные воды разбавлялись грунтовыми водами, освобождались от токсических химических веществ за счет сорбции, разбавления, распада и т. д.

Теоретическим основанием мер запретного характера было первое научное направление по санитарной охране водоемов, которое получило название *природоведческого*, или направления *санитарного максимализма*. Его сторонники (санитарные максималисты) до сих пор считают, что нужно запрещать любой сброс сточных вод в поверхностные водоемы. Конечной целью программы санитарных максималистов по контролю за загрязнением и санитарным состоянием поверхностных водоемов является возвращение их к "первозданной чистоте". Цель программы весьма благородна. Она остается актуальной и поныне, поскольку сегодня на Земле практически **нет** водоемов, гидрологический режим, химический состав и гидробиологические особенности которых не изменились бы в результате хозяйственной деятельности человека.

Заслуживает одобрения эта программа и с гигиенических позиций, так как обеспечивает нормативное качество воды и нормальное развитие водоема, что делает его пригодным для нужд человека. Этот период характеризуется появлением сооружений для очистки сточных вод разных конструкций, в основу работы которых положен природный механизм самоочищения загрязнений в почве (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды). Они были просты в эксплуатации, долговечны, высокоэффективны, для ухода за ними не нужно было иметь высокую квалификацию.

В то же время запрет сброса любых, в том числе и очищенных, сточных вод в водоемы имел и отрицательные последствия. *Во-первых*, в населенных пунктах ограничивалось внедрение канализации (сплавной системы избавления от жидких отходов), при которой сточные воды самотеком перемещались по подземной сети труб от места их образования до очистных сооружений. Шире стало применение ассенизации (от фр. *assénisation* — очищение) — вывозной системы, при которой жидкие отходы, накопленные в водонепроницаемых выгребах, периодически вывозили на поля ассенизации специальным (ассенизационным) транспортом. *Во-вторых*, тормозилась разработка традиционных методов биологической очистки сточных вод (воспроизводящих процессы самоочищения в водной среде) и тех, которые предусматривают сброс очищенных сточных вод в водоемы. *В-третьих*, быстрый рост городов и бурное развитие промышленности способствовали образованию большого количества сточных вод. Это требовало отведения значительных земельных площадей под поля орошения. Как оказалось в дальнейшем, категорический запрет выпуска сточных вод в водоемы, даже биологически очищенных, был нереален и не нужен.

Интенсивное развитие промышленности в период научно-технической революции способствовало, с одной стороны, значительному увеличению объемов промышленных сточных вод, а с другой — концентрации большого количества населения в городах, что приводило к образованию значительного количества хозяйственно-бытовых сточных вод. В Англии, Германии, России начал ощущаться дефицит свободных земельных площадей вокруг населенных пунктов, которые можно было бы отвести под поля орошения.

Как свидетельствуют выводы отчета Английской королевской комиссии, сделанные в 1907 г., запрет выпуска сточных вод в водоемы, применяющийся в течение десятилетий, не способствовал улучшению их санитарного состояния, ибо эти требования были невыполнимы.

Второй этап решения проблемы начался в начале XX в., когда в 1906 г. комиссия Медицинского совета Министерства внутренних дел России под руководством Г.В. Хлопина впервые предложила требования к качеству сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водоемы. Учитывая все преимущества и недостатки природоведческого направления, ученые пришли к выводу о возможности выпуска очищенных сточных вод в водоемы при условии их соответствия санитарным требованиям. Поэтому второй этап санитарной охраны водоемов получил название этапа *нормирования качества сточных вод*. Он предусматривал разработку стандартов качества сточных вод перед их выпус-

ком в водоем с учетом технологических возможностей наиболее современных и эффективных очистных канализационных сооружений. Его сторонники — санитарные "техницисты" — создали соответствующее научное направление *санитарно-технического максимализма*. Суть его сводилась к тому, что разрешалось сбрасывать в поверхностные водоемы только такие сточные воды, степень очистки которых отвечала максимальным техническим возможностям очистных канализационных сооружений. Санитарные "техницисты" считали: если, например, аэротенк способен очищать сточные воды от органических веществ по БПК₅ до 10—15 мг O₂/л, то именно эту величину нужно утверждать как стандарт качества. И лишь с такой или меньшей БПК₅ сточные воды можно сбрасывать в водоемы.

В то же время благодаря научно-техническому прогрессу эффективность работы очистных канализационных сооружений постоянно повышалась. Так, современные малогабаритные установки с активным илом на "полное" окисление дают возможность удалить из сточных вод органические загрязнения по БПК₅ до 5—6 мг/л. Аэротенки-осветлители колонного типа, разработанные по технологии Научно-исследовательского конструкторско-технологического института городского хозяйства (НИКТИ ГХ) г. Киева, дают возможность достичь не только биологической очистки, но и доочистки сточных вод. Нами установлено, что такие очистные сооружения способны удалить из сточных вод органические вещества по БПК₅ до 4 и даже 3 мг/л. В биологически очищенных сточных водах, которые отводят после таких сооружений, отсутствуют нитриты и нитраты. Биологически очищенные сточные воды почти не отличаются от воды поверхностных водоемов. Они не загнивают, не имеют запаха, экологически безопасны, не нарушают процессов самоочищения водоемов. Кроме того, используя наиболее распространенную схему водоподготовки на очистных сооружениях речного водопровода (коагуляцию, отстаивание, фильтрацию и обеззараживание), из воды такого водоема легко получить питьевую воду. Постоянное совершенствование технологии очистки сточных вод, возможность более глубокой очистки создавали теоретические предпосылки для постоянного пересмотра стандартов качества сточной воды перед выпуском в водоемы.

Одновременно процесс разработки стандартов осложнялся вследствие существования разных видов сточных вод, особенно тех, которые образуются на промышленных предприятиях и поэтому содержат разные загрязнители, имеют разные начальные уровни загрязнения, что связано с особенностями технологического производственного процесса. Нужно было разрабатывать стандарты не только для разных видов сточных вод, но и для разных их объемов, рек с разным дебитом. Эти стандарты нужно было часто переиздавать. За период 1906—1929 гг. было 20 переизданий стандартов.

Однако установлено, что максимальная очистка и обезвреживание сточных вод от органических и неорганических химических примесей технически возможны лишь в отдельных случаях, экономически и технически они не всегда доступны, да и не оправданы. Так, результаты исследований, проведенных профессором О.И. Жуковым во Всесоюзном научно-исследовательском инс-

титуте в Москве, свидетельствуют, что полная очистка сточных вод от примесей — очень дорогостоящее мероприятие, которое не всегда целесообразно, а иногда даже вредно. Было доказано, что удаление из сточных вод основной массы (70—80%) загрязняющих веществ требует значительно меньших капиталовложений, чем их остаточных количеств (20—30%). Известно, что чем ниже остаточные концентрации вредных веществ в сточных водах, тем технически сложнее становится их очистка. Она требует более совершенных, а поэтому и более дорогостоящих методов и способов, более длительного времени. Чтобы повысить эффективность удаления из сточных вод взвешенных веществ с 60—70% до практически 100%, необходимо 8-кратное отстаивание. Поэтому полная очистка и обезвреживание сточных вод перед выпуском их в водоемы технически возможна и экономически целесообразна лишь в отдельных случаях.

В то же время гигиеническая наука и практика водопользования свидетельствуют, что не каждый выпуск сточных вод в водоемы приводит к их загрязнению. Ведь нельзя считать загрязненным водоем, если в нем обнаружены некоторые химические вещества, но в концентрациях, безвредных для здоровья человека. Например, всем известно, что мышьяком можно отравиться. Однако он безвреден в незначительных (допустимых) концентрациях: в низких дозах мышьяк используют для лечения больных. Какие же концентрации вредных химических веществ в воде водоемов допустимы, а какие способствуют их загрязнению? Гигиеническим критерием загрязнения с санитарной точки зрения считается лишь такое загрязнение, при котором качество воды в водоеме является опасным для здоровья населения или ограничивает водопользование.

Все это способствовало развитию (с 1929 г.) третьего этапа санитарной охраны водоемов — этапа *нормирования качества воды поверхностных водоемов выше по течению за 1 км от ближайшего пункта водопользования*. Научное направление, на котором основаны меры по санитарной охране водоемов, получило название *физиолого-гигиенического*. Сущность его заключается в нормировании не качества сточных вод, которые сбрасываются в водоемы, исходя из технических возможностей очистных канализационных сооружений, а качества воды водоема после поступления в него сточных вод за 1 км до ближайшего пункта водопользования.

Требования к качеству воды водоемов зависят от вида его использования. Так, требования к качеству воды водоемов как источников хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов одни, а к воде водоемов, которые используются для культурно-бытовых (купание, спорт, отдых населения) и рекреационных целей, — другие, рыбохозяйственных, — третьи и т.д. Требования к качеству питьевой воды централизованных и децентрализованных систем водоснабжения более жесткие, чем к качеству воды, предназначенной для технологических целей или для орошения полей и др. И, что особенно важно, безвредность действия воды водоемов на организм человека должна быть подтверждена результатами глубоких экспериментальных исследований. М

Следовательно, сегодня главным научным направлением, на котором основываются меры по санитарной охране водоемов, является физиолого-гигиеническое. Но и это направление имеет недостатки. В частности, узким местом

при нормировании качества воды в водоемах является экстраполяция (перенесение) закономерностей, установленных в лабораторных условиях и опытах на экспериментальных животных, на реальные условия окружающей среды и организм человека. -В процессе проведения лабораторных экспериментов по изучению влияния нормируемого химического вещества на органолептические свойства воды, процессы самоочищения водоемов, организм теплокровных животных не принимают во внимание множество факторов, которые наблюдаются в природных условиях.

Однако это направление получило мировое признание. Оно лежит в основе мероприятий по санитарной охране водоемов в большинстве стран. Основным идеологом этого направления является член-корреспондент АМН СССР, доктор медицинских наук, профессор С.Н. Черкинский, который возглавлял кафедру коммунальной гигиены Первого Московского медицинского института (ныне Медицинской академии). С.Н. Черкинский в 1949 г. создал теорию, методологию и научно обосновал принципиальную схему научных исследований по гигиеническому нормированию вредных химических веществ в воде водоемов. Его ученики и последователи Г.И. Сидоренко, Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, К.И. Акулов, другие ученые-гигиенисты придерживаются физиологического направления в разработке и внедрении мероприятий по санитарной охране водоемов.

Источники загрязнения поверхностных водоемов. Главными источниками неблагоприятного влияния на поверхностные водоемы, их загрязнения являются *сточные воды — жидкие отходы бытовой и производственной деятельности человека*. Сточной называется вода, которая образовалась после использования питьевой воды человеком для удовлетворения тех или иных нужд в быту или на производстве. При этом в воду попали дополнительные примеси (загрязнения), которые изменили и ухудшили ее состав. В зависимости от происхождения сточные воды делят на: 1) хозяйственно-бытовые, или хозяйственно-фекальные, образующиеся в результате хозяйственно-бытовой деятельности людей преимущественно в жилых и общественных зданиях; 2) промышленные, образующиеся на промышленных предприятиях, в результате технологических производственных процессов; 3) ливневые (атмосферные), образующиеся вследствие формирования поверхностного стока с асфальтовых и других покрытий и почвы во время атмосферных осадков и таяния снега. Они стекают в водоемы с территорий населенных мест, промышленных площадок и сельскохозяйственных полей; 4) городские, под которыми подразумевают смесь бытовых и промышленных сточных вод, образующихся в населенном пункте вследствие отведения неочищенных или предварительно очищенных промышленных сточных вод в общегородскую канализацию; 5) дренажные воды с орошаемых земель; 6) сточные воды животноводческих комплексов; 7) сточные воды прудов-накопителей, которые сбрасываются в водоемы в период весеннего паводка. Бывают случаи вынужденного сброса сточных вод из накопителей, при недостаточных расходах реки, в зарегулированные водоемы, в период паводка и др.; 8) сточные воды (фановые) пассажир-

ских судов морского и речного (в том числе маломерного) флота, грузовых и нефтеналивных терминалов и судов.

Кроме того, водоемы загрязняются при заборе песка и проведении других работ в их русле. К загрязнению водоемов приводит замачивание в них волокнистых растений, например льна или конопли. Загрязняет водоемы и сплав леса. Поверхностные водоемы могут загрязняться через атмосферный воздух. Водоемы могут также загрязняться вследствие массового отмирания в них водных организмов, животных и растительных, особенно в осеннее время, взмучивание донных отложений.

Поступая в водоемы, неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды загрязняют их взвешенными частицами, органическими веществами, патогенными и условно-патогенными бактериями, вирусами, цистами простейших, яйцами гельминтов. С промышленными сточными водами в водоемы попадает значительное количество токсических химических веществ.

Загрязненные водоемы теряют значение положительного фактора в поддержании здоровья населения. Пользование загрязненными водоемами может привести к возникновению водных эпидемий, массового отравления населения токсическими, канцерогенными, радиоактивными, аллергенными, мутагенными веществами. Водоемы наносят большой вред рыбному и пушному хозяйству, теряют оздоровительное значение.

Влияние загрязненных поверхностных водоемов на здоровье человека.

Загрязнение поверхностных водоемов оказывает прямое и опосредованное действие на здоровье человека. Прямое вредное действие может проявиться как при поступлении воды в организм человека перорально (человек сознательно пьет воду из загрязненного водоема или случайно наглотался ее во время купания), так и при контакте ее с кожей и слизистыми оболочками во время плавания, купания и др. Но чаще всего вредное воздействие осуществляется по схеме: загрязненная вода поверхностного водоема — питьевая вода — человек. Объясняется это тем, что технологии подготовки питьевой воды из поверхностных источников водоснабжения дают возможность улучшить лишь некоторые ее свойства. В частности, снизить мутность и цветность за счет осветления и обесцвечивания, избавить от эпидемической опасности путем обеззараживания, улучшить некоторые показатели минерального состава путем специальных методов водоподготовки (опреснения, умягчения, фторирования, дефторирования и др.). Эти технологии порой не рассчитаны на удаление из воды отдельных вредных химических веществ. Если их концентрация в водоеме в местах водозабора будет значительно превышать ПДК, они могут пройти водоочистные сооружения практически транзитом, попасть в питьевую воду, а с питьевой водой — в организм человека. Следовательно, с одной стороны, употребление или использование населением воды из водоемов, загрязненных энтеропатогенными бактериями и вирусами, простейшими, гельминтами, может привести к массовым инфекционным заболеваниям и инвазиям, а с другой — использование человеком загрязненной воды, которая содержит вредные химические вещества в концентрациях, превышающих ПДК, может обусловить

острое или хроническое отравление с возможными отдаленными последствиями (аллергенными, тератогенными, мутагенными, канцерогенными).

Опосредованное, или не прямое, вредное действие водоемов на здоровье человека происходит по схеме: *загрязненная вода — загрязненные продукты питания ("дары моря") — человек; загрязненный водоем — орошение сельскохозяйственных угодий — продукты питания растительного происхождения — человек; загрязненный водоем — водопой крупного рогатого скота — молоко — человек* и др. То есть опосредованное вредное действие загрязненных водоемов на здоровье человека может произойти при употреблении рыбы, других продуктов питания, изготовленных из сырья, полученного из загрязненных водоемов; при использовании воды, загрязненной энтеропатогенными бактериями и вирусами или токсическими химическими веществами, для мытья овощей, фруктов, ягод, во время отдыха на берегу водоема, спортивно-массовых мероприятий и т. п.

Последствия влияния загрязненной воды водоемов на здоровье человека в обобщенном виде может быть представлено следующим образом:

- качество питьевой водопроводной воды во многом зависит от качества воды в поверхностном водоеме, который является реальным или может быть потенциальным источником централизованного водоснабжения;
- загрязнение водоемов приводит к сокращению пищевых ресурсов вследствие невозможности употреблять рыбу, рыбопродукты, другие "дары моря", которые могут быть загрязнены различными токсическими химическими веществами: тяжелыми металлами, хлорорганическими пестицидами, полихлорированными бифенилами и пр.;
- загрязненные воды водоемов нельзя использовать для орошения сельскохозяйственных угодий, поскольку это тормозит развитие земледелия. Такие воды не могут быть использованы также в животноводстве и птицеводстве;
- потеря воды из-за загрязнения как сырьевого ресурса для народного хозяйства. Так, известны случаи массовых заболеваний и гибели овец на пастбищах, расположенных на островах возле Великобритании. Животные гибли в результате употребления морских водорослей с высоким содержанием ртути и мышьяка.

Безусловно, все изложенное отрицательно влияет на здоровье и благосостояние человека и свидетельствует о том, что проблема санитарной охраны водоемов имеет как медицинское (гигиеническое), так и народнохозяйственное значение.

Мероприятия по санитарной охране водных объектов. Комплекс мероприятий по санитарной охране водных объектов включает: законодательные, планировочные, научные (гигиенические), технологические и санитарно-технические.

Законодательные мероприятия — это свод законов и законодательных государственных актов (или официальных документов), в которых отражены политика правительства страны, стратегия и тактика деятельности министерств (в частности, Министерства здравоохранения, Министерства экологии и природных ресурсов), учреждений (в частности, Государственной санитар-

но-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения страны), ведомств, предприятий и отдельных физических лиц в области охраны водоемов, их права и обязанности, а также те гигиенические требования, соблюдение которых предупреждает отрицательное влияние водоемов на здоровье населения и обеспечение оптимальных условий жизнедеятельности в населенных пунктах.

Охрана водных объектов в нашей стране — конституционная обязанность каждого гражданина Украины. В разделе II "Права и свободы человека и гражданина" Конституции Украины, в частности в ст. 50, сказано, что каждый гражданин Украины имеет право на безопасное для жизни и здоровья окружение и возмещение вреда, нанесенного нарушением этого права. Закон гарантирует каждому право свободного доступа к информации о состоянии окружающей среды, качестве пищевых продуктов и предметов быта, а также на распространение такой информации. Это согласуется со ст. 9 "Экологические права граждан Украины" раздела 2 Закона Украины об охране окружающей природной среды.

Один из главных законов в области санитарной охраны водных объектов — "Водный кодекс Украины", принятый Постановлением Верховной Рады Украины от 6.06.1995 г. в ст. 95 (раздел IV "Охрана вод", глава 20 "Охрана вод от загрязнения, засорения и истощения"), указывает, что все водные объекты подлежат охране от загрязнения, которое может ухудшить условия водоснабжения, наносить вред здоровью людей, ухудшать условия существования животных и вызывать другие неблагоприятные явления вследствие изменения физических и химических свойств вод, снижения их способности к природному очищению, нарушения гидрогеологического и гидрологического режимов. Отдельные статьи "Водного кодекса" посвящены требованиям к качеству воды, используемой для удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд (ст. 58), условиям выпуска сточных вод в водные объекты (ст. 70), запрету сбрасывать в водные объекты отходы и мусор (ст. 99), вводить в действие предприятия, которые влияют на состояние воды (например, не имеющих очистных сооружений необходимой мощности (ст. 98), предупреждению загрязнения вод удобрениями и химическими средствами защиты растений (ст. 103), охране водных объектов, зачисленных к категории лечебных (ст. 104).

Принимая законодательные акты в области охраны окружающей среды, правительство Украины параллельно решает вопросы и об органах, которые бы осуществляли государственный надзор за рациональностью природопользования. Так, согласно "Водного кодекса Украины" (раздел II "Государственное управление и контроль в отрасли использования и охраны вод и воспроизведение водных ресурсов", ст. 13), осуществлять такой надзор должны Министерство экологии и природных ресурсов Украины, Государственный комитет Украины по водному хозяйству, Государственный комитет Украины по геологии и использованию недр. Согласно ст. 36, 37 (раздел II) на Министерство здравоохранения Украины возложены обязанности по разработке и утверждению ПДК химических, радиоактивных веществ в воде водных объектов, предназначенных для удовлетворения питьевых, хозяйственно-бытовых и других

нужд населения, а также нормативов других показателей (общефизических, биологических) ее качества; определение степени загрязнения водных объектов и категории качества воды в них.

Законом Украины "Об охране окружающей природной среды" (ст. 52, 53) определено, что с Министерством здравоохранения, учреждениями Государственной санитарно-эпидемиологической службы, в зависимости от уровней управления, согласовывают заключения государственной экологической экспертизы относительно производства, сохранения, транспортировки, использования, обезвреживания, захоронения токсических и других опасных для окружающей среды и здоровья людей веществ, на производство и использование новых штаммов микроорганизмов и биологически активных веществ.

Обязанности по контролю и соблюдению законодательства в отрасли охраны водоемов возложены не только на учреждения Министерства экологии и природных ресурсов, но и на органы и учреждения санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения Украины. Это законодательно определено Постановлением Верховной Рады Украины № 4005-XII от 24.02.1994 г., принявшей "Закон Украины об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения". В этом законе в ст. 18 "Требования к хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам водопользования" указано, что вода открытых водоемов, которую используют для хозяйственно-питьевого водоснабжения, купания, спортивных занятий, организованного отдыха, с лечебной целью, а также вода водоемов в пределах населенных пунктов должна отвечать санитарным нормам. И это должно быть обеспечено именно теми предприятиями, учреждениями, организациями, которые используют водоемы для сброса сточных вод.

О том, что водоемы играют важную роль в жизни каждого государства, свидетельствует тот факт, что их правительства уделяют большое внимание охране водоемов. Так, с целью возрождения Днепра, третьей по величине реки Европы, со средним расходом $1700 \text{ м}^3/\text{с}$ (почти 80% водных ресурсов Украины), воды которой используют для водоснабжения 70% населения Украины, Постановлением Верховной Рады Украины № 123/97-ВР от 27.11.1997 г. утверждена "Национальная программа экологического оздоровления бассейна Днепра и улучшения качества питьевой воды". Правительства России, Казахстана, стран — членов СНГ уделяют большое внимание охране озера Байкал — уникального водоема, в котором сосредоточено 80% всех мировых запасов пресной воды, бассейнам Балтийского, Черного, Азовского морей, водоемов Арктического бассейна, Средней Азии и Казахстана, Ладожского озера, а также охране и улучшению санитарного состояния многочисленных малых рек. Возникла также потребность договариваться отдельным государствам о санитарной охране трансграничных бассейнов рек, которые протекают по территории нескольких государств (например, Дунай протекает по территории 8 государств Западной и средней Европы), береговой акватории моря соседних государств и др.

С целью рационального использования поверхностных вод в условиях осложнения взаимоотношений природы и общества еще в 1981 г. рядом евро-

пейских государств разработаны "Единые критерии качества вод". Они дают возможность усовершенствовать систему контроля и управления состоянием водных объектов как на национальном, так и на межгосударственном уровнях. В основу документа положена единая система критериев качества вод, которая включала три класса: экологические, экономические и социально-политические.

В первом классе объединены критерии оценки внутриводоемных процессов и внешнего влияния на экосистему водного объекта. Эти критерии определяют условия формирования качества воды, а также учитывают специфические требования к отдельным видам водопользования. Классификация водных объектов с учетом экологических критериев предусматривает шесть классов вод: I — очень чистые; II — чистые; III — мало загрязненные; IV — загрязненные; V — очень загрязненные; VI — грязные. Второй класс включает критерии оценки рентабельности водопользования с учетом водоохраных мероприятий. Согласно классификации, по этим критериям выделяют три градации качества вод: I — желательную; II — допустимую; III — непригодную. В соответствии с этими градациями для каждого класса разработаны нормативы качества воды, которую используют для хозяйственно-питьевого водоснабжения, орошения сельскохозяйственных культур, водопоя животных и рыбохозяйственных целей. Третий класс регламентирует внутригосударственные (с учетом оптимизации водопользования) и межгосударственные водные отношения (с учетом взаимных интересов сторон). Система критериев этого класса дала возможность разработать классификацию качественного состояния водных объектов: с позиций их экологического благополучия и соответствия качества вод требованиям к отдельным видам водопользования.

В Украине действует СанПиН 4630-88 "Санитарные правила охраны поверхностных вод от загрязнения", согласно которым все поверхностные водоемы разделены на 2 категории независимо от характера их использования в населенном пункте: 1-я категория — водоемы, которые используют как источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения; 2-я — водоемы культурно-бытового назначения (для отдыха, купания, занятия спортом и др.). Приведена также гигиеническая классификация водных объектов по степени загрязнения (допустимая, умеренная, высокая, чрезвычайно высокая) для разных видов водопользования. Кроме того, действует ГОСТ 2761-84, по которому водные объекты (поверхностные и подземные) разделены на 3 класса в зависимости от качества воды и ее соответствия гигиеническим нормативам.

При нарушении санитарного законодательства юридическими (ведомствами, учреждениями, предприятиями, организациями и др.) или физическими (гражданами) лицами в соответствии со ст. 42 Закона Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения" должностные лица санитарно-эпидемической службы (в частности, Главные государственные санитарные врачи и их заместители) применяют меры по пресечению нарушения. С этой целью могут быть приняты: 1) ограничение, временный запрет или прекращение деятельности предприятия, учреждения, организации, объекта и пр. (например, промышленного предприятия при нарушении условий сброса сточных вод в водоем); 2) ограничение, временный запрет или прекращение

строительства, реконструкции (например, промышленного предприятия при отклонении от утвержденного проекта локальных очистных сооружений); 3) временный запрет производства, запреты использования и реализации химических веществ, технологического оборудования, строительных материалов и пр. (например, запрещение использования определенных реагентов для водоподготовки при отсутствии их гигиенической регламентации и государственной регистрации); 4) ограничение, приостановление или запрещение сбрасывать вещества-загрязнители (например, сточные воды); 5) приостановление или прекращение инвестиционной деятельности; 6) отстранение от работы или другой деятельности лиц (например, работников водопроводной станции), уклоняющихся от обязательного медицинского осмотра или являющихся носителями возбудителей инфекционных заболеваний; 7) изъятие из реализации опасных для здоровья химических веществ, биологических материалов и пр.

Ответственность должностных лиц или граждан за нарушение санитарного законодательства по охране водоемов (закона Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения", "Водного кодекса Украины", Закона Украины "Об охране окружающей природной среды", несоблюдение требований СанПиН 4630-88, ГОСТ 2761-84, санитарных правил эксплуатации тех или иных объектов), что может отрицательно повлиять на состояние здоровья населения, предусматривается ст. 45 (дисциплинарная ответственность), ст. 46 (административная ответственность и финансовые санкции), ст. 48 (гражданско-правовая ответственность), ст. 49 (уголовная ответственность) раздела VI Закона Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения". Порядок наложения и взыскания штрафов за нарушение санитарного законодательства устанавливаются соответствующей Инструкцией, утвержденной Приказом Министерства здравоохранения Украины № 64 от 14.04.1995 г.

Планировочные мероприятия заключаются в научном обосновании, разработке и внедрении: 1) санитарно-защитных разрывов между водоемами и объектами народно-хозяйственного комплекса, которые в результате деятельности могут привести к загрязнению водоемов; 2) зон санитарной охраны водопроводов из подземных и поверхностных водоисточников (см. с. 126). Береговую полосу поверхностных водоемов выделяют исключительно для общественного использования. Ее озеленяют; ограничивают определенным образом сельскохозяйственное использование склонов. Благодаря таким мерам предупреждается бесконтрольное пользование водоемом.

В населенных пунктах, лечебно-оздоровительных учреждениях, спортивно-оздоровительных сооружениях, лагерях отдыха, на других объектах, расположенных вблизи поверхностных водоемов, должны быть устроены централизованное водоснабжение и канализация. Все перспективное строительство, особенно в пределах зон санитарной охраны водопроводов, обязательно согласовывается с санитарно-эпидемиологической службой конкретной территории.

Научные мероприятия состоят в научном обосновании гигиенических требований к качеству воды водоемов, используемых как источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, или для культурно-быто-

вых нужд (см. с. 122). Ведущее место среди них занимает разработка гигиенических нормативов: ПДК или ориентировочно допустимых уровней (ОДУ) в воде водоемов вредных химических веществ, которые могут попасть в них со сточными водами промышленных предприятий, с поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий и привести к их загрязнению. Нормируют вредные химические вещества в воде водоемов по трем показателям вредности: органолептическому общесанитарному и санитарно-токсикологическому. Показатель вредности, по которому, на основании экспериментальных исследований, установлена наименьшая пороговая концентрация химического вещества в воде, называется лимитирующим. Концентрация химического вещества в воде, не оказывающая токсического воздействия по лимитирующему показателю вредности, называется предельно допустимой. Особенности гигиенического нормирования экзогенных химических веществ в воде изложены в учебнике "Общая гигиена: пропедевтика гигиены" (К., 2000).

Технологические мероприятия состоят в научном обосновании, разработке и внедрении таких технологий в промышленности и сельском хозяйстве, которые бы свели к минимуму или полностью устранили возможность образования и сброса в водные объекты сточных вод и твердых отходов: минимизировали уровни поступления вредных химических и биологических загрязнителей в производственные сточные воды.

Санитарно-технические мероприятия состоят в научном обосновании, разработке и внедрении высокоэффективных методов и способов приема, своевременного отведения, механической, биологической, физико-химической очистки, обеззараживания и обезвреживания бытовых, доочистки промышленных, других видов сточных вод и их осадка, образуемых в населенных пунктах, на промышленных предприятиях, в отдельно расположенных жилых домах и общественных зданиях и сооружениях.

Самоочищение поверхностных водоемов

Несмотря на почти непрерывное поступление разнообразных загрязнений в поверхностные водоемы, в наиболее мощных из них хотя и наблюдается ухудшение качества воды, но пока еще не катастрофическое. Прогрессированию загрязнения **воды** противостоят многочисленные природные физико-химические и биологические процессы, направленные на восстановление состояния водоема и получившие название "самоочищение".

Под самоочищением поверхностных водоемов подразумевают **весь** комплекс биологических, физических и химических процессов, которые обуславливают способность водоемов освобождаться от загрязнений, образовавшихся в результате распада аутохтонных (водных) организмов или вносимых **со** сточными водами.

Процесс самоочищения водоемов происходит благодаря следующим процессам:

- 1) разбавлению сточных вод водой водоема;

2) седиментации (или оседания) взвешенных нерастворенных веществ и яиц гельминтов;

3) использованию (поеданию) органических веществ зоопланктоном, рыбами;

4) химическим превращениям (окислительно-восстановительным, гидролизу и т.д.);

5) биохимическому окислению растворенных, в том числе коллоидных, органических веществ биоценозом микроорганизмов и др.

Одним из наиболее мощных путей самоочищения водоемов является биохимическое окисление, направленное на уменьшение органического загрязнения воды. При поступлении в водоем вместе со сточными водами растворенных органических веществ, природного и антропогенного происхождения, они минерализуются благодаря жизнедеятельности сапрофитных водных микроорганизмов, фито- и зоопланктона. Процессы биохимического окисления завершаются нитрификацией с образованием конечных продуктов распада — нитратов, карбонатов, сульфатов и пр. Для биохимического окисления органических веществ необходимо присутствие в воде растворенного кислорода. Запасы его восстанавливаются благодаря диффузии из атмосферного воздуха. В водоеме должен присутствовать также биоценоз водных сапрофитных аэробных микроорганизмов.

Биоценоз в зависимости от характера водоема, принимающего сточные воды, состоит из фито- и зоопланктона, различных видов рыб и других водных организмов.

Специальными исследованиями установлено, что в 1 м³ речной воды в летнее время содержится биоценоз микроорганизмов, общая поверхность которого равняется 5 м².

Когда в водоем сбрасывают незначительное количество неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод (хозяйственно-бытовых или сточных вод животноводческих комплексов, предприятий пищевой промышленности и т. п.), начиная с места их выпуска, органические вещества подвергаются биохимическому расщеплению. Установлено, что биоценозы микроорганизмов вдоль течения реки строго разграничиваются на зоны сапробности. Под сапробностью подразумевают комплекс физиологических свойств определенного организма, обуславливающего его способность развиваться в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Если сточные воды сбрасывать в небольшие реки, то они почти по всей длине, а большие реки на расстоянии до 60 км фактически выполняют функцию очистного сооружения. В таком сооружении биохимические процессы протекают в определенной последовательности: на участке выпуска биохимические процессы выполняют микроорганизмы, характерные для полисапробной, затем а-, β-мезосапробной, олигосапробной и, наконец, катаробной зонам. Две последние свободны от загрязнения.

Зоне активной деятельности полисапробных микроорганизмов в водоеме свойственно значительное содержание нестойких органических веществ (белков, жиров, углеводов) и продуктов анаэробного распада (сероводород и другие газы). В а-мезосапробной зоне начинается распад органических веществ

с образованием аммиака. В воде содержится много свободной углекислоты, в малых количествах — кислорода. В воде и донных отложениях протекают окислительно-восстановительные процессы. Развиваются микроорганизмы, обладающие значительной стойкостью к недостатку кислорода и большому содержанию угольной кислоты. В β-мезосапробной зоне водоемов почти отсутствуют нестойкие органические вещества, которые полностью минерализовались. Концентрация кислорода и углекислоты на таком участке значительно колеблется в течение суток. Днем кислород может перенасыщать воду, углекислота исчезает почти полностью. Ночью же в воде наблюдается дефицит кислорода. Олигосапробная зона характерна для практически чистых водоемов, где содержится незначительное количество нестойких органических веществ и продуктов их минерализации. Наконец, катаробная зона свойственна чистым водоемам с их микро- и макронаселением (флорой, фауной), аэробными окислительными процессами и незначительным количеством микроорганизмов, свойственных воде водоема.

В процессе самоочищения водоемов не только окисляются органические вещества, но и отмирают патогенные, условно-патогенные и сапрофитные для кожи и слизистых оболочек человека микроорганизмы. Они гибнут вследствие уменьшения в воде питательных веществ, губительного действия солнечных лучей, конкурентных взаимоотношений с водной микрофлорой, бактерицидного действия антибиотических веществ, выделяемых грибами и другими водными сапрофитами, и т. д.

Весьма ограничена способность водоемов освобождаться, самостоятельно, от токсических химических веществ, поступающих в них, главным образом, со сточными водами промышленных предприятий. Относительно таких стойких загрязнителей, как тяжелые металлы, пестициды, другие хлорорганические соединения, способность водоема к самоочищению ограничивается процессами разбавления, сорбции на взвешенных веществах и активном или с дальнейшей седиментацией и накоплением в донных отложениях. Некоторые экзогенные химические вещества разрушаются в воде водоемов под действием солнечных лучей (фотолиз), вследствие гидролиза или деструкции, осуществляемой микроорганизмами.

Следовательно, сброс в водоемы сточных вод с различным содержанием в них органических, бактериальных и химических загрязнителей приводит к неминуемому загрязнению водоема. Процессы самоочищения протекают очень медленно и на значительных участках от места сброса сточных вод. Их скорость зависит от мощности водоема, его состояния (уровня загрязнения) выше места выпуска сточных вод, от количества загрязнителей, поступающих со сточными водами. Способность водоема самоочищаться имеет пределы. В небольших и особенно непроточных водоемах способность к самоочищению незначительна. Искрпывание способности к самоочищению вследствие продолжительного и чрезмерного поступления неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод неминуемо приведет к загрязнению водоема. А это при использовании ее населением для хозяйственно-питьевых или культурно-бытовых целей может привести к отрицательным последствиям для здоровья людей.

Гигиенические требования к качеству воды поверхностных водоемов и оценка условий сброса в них сточных вод

Гигиенические условия к качеству воды поверхностных водоемов в зависимости от видов водопользования в нашей стране регламентированы СанПиН № 4630-88. С 1 марта 1991 г. в Украине и странах СНГ введены "Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" Государственного комитета по охране природы бывшего СССР. Указанными правилами установлены дополнительные требования к качеству воды поверхностных водоемов и их приток, используемых для рыбохозяйственных целей. Эти требования, по некоторым показателям, являются более жесткими в сравнении с СанПиН 4630-88. Кроме того, требования к качеству воды поверхностных водоемов регламентированы "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения возвратными водами", утвержденными Постановлением Кабинета Министров Украины от 25.03.1999 г № 465 (далее Правила). Правила являются обязательными для соблюдения должностными лицами и отдельными гражданами. Они предназначены для предупреждения или устранения такого загрязнения водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, которое может привести к возникновению среди населения острых инфекционных, паразитарных заболеваний, интоксикаций, снижению рекреационной роли водоемов в связи с появлением в воде несвойственных неприятных запахов, видимых невооруженным глазом примесей, пленки, окрашивания и др.

Требования Правил распространяются на все (большие и малые, проточные и непроточные) поверхностные водоемы. Они определяют гигиенические требования и нормативы качества воды в зависимости от народно-хозяйственного назначения водоема. Регламентируют разные виды хозяйственной деятельности, которые могут привести к загрязнению поверхностных водоемов. Определяют условия, при которых водоем считается загрязненным, не пригодным полностью или частично для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения или массового отдыха населения.

Нормативы качества воды водоемов состоят из совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта. Следует отметить, что не все показатели и их параметры, предусмотренные международными "Едиными критериями качества воды" (см. с. 221), нормируются в нашей стране.

В соответствии с Правилами нормативы качества воды в водоемах (табл. 13) устанавливают в зависимости от характера использования водных объектов для народно-хозяйственных целей. Водные объекты или их участки делят на две категории водопользования. К I категории отнесены поверхностные водоемы, используемые для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности. Ко II категории отнесены поверхностные водоемы, выполняющие

ТАБЛИЦА 13

Гигиенические требования к составу и свойствам воды
водных объектов в пунктах хозяйственно-питьевого, культурно-
бытового и рыбохозяйственного водопользования

ТТТТКЯЯТТР на рРГГ*ТЯПЯ ХХХ

Показатели состава и свойств воды водного объекта	Категория водопользования			
	J*, *	ту ***	Рыбоводческие	
			I	II
Минеральный состав	Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л, сульфатов 500 мг/л		Нормируется согласно таксациям рыбохозяйственных водоемов	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/л в любой период года в пробе воды, взятой до 12.00		В зимний (подледный) период должен быть не менее 6 мг/л 4 мг/л Летом (открытый) на всех водоемах должен быть не менее 6 мг/л	
БПК ₂₀	Не должно превышать при температуре 20 °С, мг Ог/л			
	3	6	3	3
ХПК	Не должно превышать, мг Ог/л			
	15	30	—	—
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водоемов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ			
Возбудители заболеваний	Вода не должна содержать возбудителей заболеваний, в том числе жизнеспособных яиц гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших			
Индекс ЛКП, в 1 л	Не более 10 000**	Не более 5000	—	—
Коли-фаги (БУО), в 1 л	Не более 100 **	Не более 100	—	—
Токсичность воды	Сточная вода на сбросе в водоем не должна оказывать острого токсического действия на тест-объекты Вода водоема в контрольном створе не должна оказывать хронического и токсического действия на тест-объекты			

* Содержание в воде антропогенных взвешенных веществ (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при очистке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т. д.) нормируется в соответствии с п. 2.4 и п. 4.4 СанПиН 4630-88.

** Не касается источников децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проверка означает, что показатель не нормирован.

*** I категория — использование водоема для централизованного или децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; II категория — использование водоема для массового отдыха населения, купания, занятий спортом.

рекреационную роль, или используемые населением для купания, занятий спортом и отдыха, а также в качестве дополнения архитектурной выразительности населенного пункта. Водоемы, используемые для рыбохозяйственных целей, также делят на две категории.

Требования к качеству воды водоемов определяются в так называемом контролируемом створе (створ — поперечный разрез реки), расположенном в проточных водоемах ниже по течению от места сброса сточных вод на расстоянии 1 км выше ближайшего пункта водопользования, в непроточных — на расстоянии 1 км по обе стороны от него. Проектируемый пункт водопользования по отношению к месту сброса сточных вод в водоем должен находиться как можно ближе. Вид водопользования устанавливают исходя из того, как этот водоем используется населением в ближайшем его пункте от места сброса сточных вод. Вид водопользования устанавливают исключительно учреждения санитарно-эпидемиологической службы.

Загрязнением водоема сточными водами считаются такие изменения качества воды в контролируемом створе, которые не отвечают требованиям СанПиН 4630-88 и ограничивают водопользование. В связи с тем, что ограничение водопользования определяется качеством воды в водоеме, нормируют показатели не состава сточных вод, сбрасываемых в водоем, а качества воды в водоеме на расстоянии 1 км выше от ближайшего пункта водопользования в проточных и по обе стороны от пункта водопользования — в непроточных водоемах.

Для обеспечения оптимальных условий хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования была предложена гигиеническая классификация водных объектов по степени загрязнения. В основу этой классификации положены основной принцип и главная цель водного законодательства — предупреждение неблагоприятного влияния на население химических и бактериальных загрязнителей воды. В классификацию введены оценочные показатели, относящиеся к четырем критериям вредности загрязнения воды водных объектов: органолептического, токсикологического, общесанитарного и бактериологического (табл. 14) показателей: запах и привкус воды; кратность превышения ПДК химических веществ, нормативы для которых установлены по органолептическому и токсикологическому показателям вредности; растворенный кислород; БПК₂₀; количество кишечных палочек в 1 л воды.

Четыре градации оценочных показателей отвечают допустимой, умеренной, высокой и очень высокой степени загрязнения воды I и II категорий водопользования. Если водоем одновременно является объектом водопользования I и II категорий, то классификацию загрязнения водоема проводят по градации показателей (за исключением бактериологического) для I категории; градация бактериологического показателя принимается для II категории, для которой установлен более жесткий норматив количества лактозоположительных кишечных палочек (ЛКП). В итоге санитарное состояние водоема характеризуется обобщенным индексом загрязнения. Этот индекс устанавливается по оценочному показателю, измененному в наивысшей степени (лимитирующий признак).

Индекс загрязнения 0 характеризует водоемы, которые можно использовать без ограничений. Индекс 1 свидетельствует об умеренной степени загрязнения и частичном нарушении водопользования (существование определенного риска неблагоприятного влияния загрязненной воды на состояние здоровья населения). Индекс 2 указывает на выраженное загрязнение и полную

**Гигиеническая классификация водных объектов
по степени загрязнения ***

Степень загрязнения	Оценочные показатели загрязнения для водных объектов I и II категорий							Индекс загряз- нения
	органолепти- ческий		токсико- логический	санитарный режим		бактерио- логический		
	Запах, привкус, баллы	ПДКорг (степень превы- шения)	пдк токе (степень превы- шения)	БПКго, мг/л		растворен- ный Ог, мг/л	Число ЛКП ** в 1 л	
				I	II			
Допустимая	2	1	1	3	6	4	$< 1 \cdot 10^4$	0
Умеренная	3	4	3	6	8	3	$1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	1
Высокая	4	8	10	8	10	2	$1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$	2
Чрезвычайно высокая	>4	>8	100	>8	>10	1	$> 1 \cdot 10^6$	3

* "Методические указания по рассмотрению проектов предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами" № 2875-83.

ДДКорг — предельно допустимые концентрации веществ, установленные по органолептическому признаку вредности. Для водных объектов, используемых для массового отдыха населения (II категории), допустимое число ЛКП не более $1 \cdot 10^3$, при благополучной эпидемической ситуации в районе — не более $1 \cdot 10^4$ КУО/л воды (соответственно изменяется градация показателя).

** ЛПК — лактозоположительные кишечные палочки.

непригодность водоема для всех видов водопользования. Индекс 3 характерен для водоемов с очень высокой степенью загрязнения. Такие водоемы не только непригодны для водопользования, но даже временный контакт с такой водой может неблагоприятно повлиять на здоровье человека.

К водоемам, расположенным в черте населенного пункта, предъявляют такие же требования, как к водоемам II категории водопользования. Когда сбрасывают сточные воды в пределах населенного пункта, требования к составу и свойствам их должны быть такими же, как к качеству воды водоема. При наличии эффективных конструкций рассеивающих выпусков, гарантирующих надлежащее смешивание и разведение сточных вод в створе выпуска, требования к составу и свойствам сточных вод устанавливаются с учетом их разведения в водоеме.

Правила с целью санитарной охраны водоемов ограничивают отведение в них сточных вод во время хозяйственной деятельности субъектов различных форм собственности, отдельных граждан. Для этого рекомендуют максимально использовать сточные воды в оборотных системах водоснабжения для изъятия ценных отходов, устранять их полностью или частично за счет рационализации технологии производства и создавать бессточные производства, а также использовать сточные воды для орошения в сельском хозяйстве.

Запрещается сбрасывать в поверхностные водоемы: неочищенные и недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые, промышленные и ливневые сточные воды; сточные воды, содержащие вредные вещества или продукты их трансформации в воде, на которые не установлены ПДК или ОДК; радиоактивные вещества; технологические отходы; промышленное сырье, реагенты, по-

лупродукты и конечные продукты в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь. Правилами запрещено сбрасывать в поверхностные водоемы сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний. Опасные в эпидемическом отношении сточные воды разрешено сбрасывать в водоемы только после полной очистки и обеззараживания. Критерием эпидемической безопасности таких сточных вод является индекс бактерий группы кишечной палочки, который не превышает 1000, и индекс коли-фагов до 1000 БОЕ/л. Расчетную дозу активного хлора уточняют в процессе эксплуатации оборудования для обеззараживания сточных вод. Концентрация остаточного свободного хлора в обеззараженной сточной воде после часового контакта, должна составлять не менее 1,5 мг/л.

Правила поведения с радиоактивными сточными водами регламентируются в зависимости от их относительной плотности, концентрации радионуклидов и физико-химических особенностей нормами радиационной безопасности НРБ-97. В хозяйственно-бытовую канализацию разрешено выпускать радиоактивные сточные воды с концентрацией радионуклидов, которая превышает допустимую для питьевой воды не более чем в 10 раз. При этом необходимо соблюдение условий их десятикратного разбавления нерадиоактивными сточными водами еще в коллекторе соответствующего учреждения (предприятия). Если такое разбавление не обеспечено, то жидкие радиоактивные отходы собирают в отдельные емкости и отправляют на пункты захоронения радиоактивных отходов. При сбросе сточных вод, содержащих радиоактивные отходы, в поверхностные водоемы содержание в них радиоактивных веществ не должно превышать допустимой концентрации для питьевой воды.

Правилами предусмотрены и другие условия, при которых сточные воды запрещено сбрасывать в поверхностные водоемы или на поверхность их ледового покрова. В частности, запрещается сбрасывать сточные воды в поверхностные водоемы, которые используют с лечебной целью (для водо- и грязелечения), в водоемы, расположенные в пределах окрестности санитарной охраны курортов и пр.

При невозможности избежать сброса сточных вод в поверхностные водоемы нужно в каждом конкретном случае расчетным путем определить условия их выпуска, которые бы гарантировали охрану поверхностного водоема от загрязнения. Иначе говоря, в поверхностный водоем разрешается сбрасывать сточные воды лишь в том случае, если они при смешивании и разведении с водой водоема: а) не оказывают неблагоприятного воздействия на физические свойства и органолептические показатели качества воды; б) не превышают допустимого предела минерального состава воды; в) не нарушают процессов самоочищения в водоеме; г) не вносят в водоем патогенных микроорганизмов, цист простейших, яиц гельминтов; д) не повышают содержания вредных веществ до уровней, опасных для здоровья населения, использующего воду для хозяйственно-питьевых нужд.

Под определением условий выпуска сточных вод в водоем подразумевают нахождение расчетным путем допустимой степени их загрязнения, при которой они могут быть отведены в конкретный водоем с сохранением при этом

качества воды в створе водоема на расстоянии 1 км выше ближайшего пункта водопользования, в соответствии с требованиями СанПиН 4630-88. Условия выпуска сточных вод в обязательном порядке определяют специалисты органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы, как во время предупредительного, так и текущего санитарного надзора в следующих случаях:

1) при согласовании отведения земельного участка для объекта, на котором образуются сточные воды, и уточнении места их выпуска;

2) в процессе санитарной экспертизы проектов строительства, реконструкции или расширения бытовой и промышленной канализации с дальнейшим отведением сточных вод в поверхностный водоем;

3) в процессе санитарной экспертизы проекта канализации населенного пункта или отдельного объекта, когда предстоит определить необходимую для конкретных условий степень очистки сточных вод, от которой зависит в свою очередь выбор способа очистки;

4) во время текущего санитарного надзора за действующим промышленным предприятием или бытовой канализацией, уже отводящими сточные воды в водоем, при необходимости проверить, отвечают ли условия выпуска санитарным требованиям (разрешение на сброс в водоем сточных вод действующих объектов сохраняет силу в течение 3 лет, после чего подлежит обновлению);

5) при изменении условий водопользования:

- строительство не предусмотренных ранее новых предприятий, в том числе малых предприятий разных форм собственности;

- изменение расхода воды в водоеме или гидрологического режима, вследствие увеличения забора воды для орошения или других нужд;

- замена технологического режима на предприятиях, которая повлекла изменение количества и состава сточных вод;

- появление новых пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования.

Определяя условия выпуска сточных вод, следует учитывать, что в пределах населенных пунктов их сброс в поверхностные водоемы запрещен. Место сброса сточных вод в водоем, относительно населенного пункта, должно размещаться ниже его границы с учетом возможности возвратного движения воды в водоеме при нагонных ветрах. Определяя места сброса сточных вод в проточные и малопроточные водоемы (озера, пруды, водохранилища и др.), нужно учитывать метеорологические и гидрологические условия.

В каждом случае предусмотрено осуществление расчетов условий выпуска сточных вод в конкретный водоем. При этом обязательно учитывают:

1) степень возможного смешения и разбавления сточных вод водой поверхностного водоема на участке от места сброса сточных вод до расчетных (контрольных) створов самых ближайших пунктов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового или рыбохозяйственного назначения; 2) фоновое качество воды поверхностного водоема выше места рассматриваемого сброса сточных вод. Определяя фоновое качество воды в водоеме, принимают во внимание анализы воды водоема не более чем двухлетней давности. При наличии других существующих или проектируемых сбросов сточных вод между рассматриваемым

и ближайшим пунктом водопользования за фоновый принимают уровень загрязнения воды конкретного поверхностного водоема с учетом доли внесения указанных выпусков сточных вод; 3) нормативы качества воды поверхностных водоемов соответствующей категории водопользования, определяемые правилами. Указанные нормативы приведены в табл. 13.

Требования СанПиНа 4630-88 распространяются на:

а) выпуски всех видов промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод населенных пунктов; отдельно расположенных жилых и общественных зданий; коммунальных, лечебно-профилактических, транспортных, сельскохозяйственных объектов, промышленных предприятий, в том числе шахтных вод, сбросных от водяного охлаждения, гидрозолоудаления, нефтедобычи, сбросных, в том числе дренажных вод с орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных территорий, обработанных минеральными удобрениями и пестицидами, и других сточных вод любых объектов независимо от их ведомственной принадлежности и формы собственности;

б) все запроектированные выпуски сточных вод на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях строящихся, реконструируемых или расширяющихся, а также при изменении технологии производства; все запроектированные выпуски сточных вод канализации населенных мест и отдельно расположенных жилых и общественных зданий, других объектов независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности;

в) выпуски ливневой канализации, которая отводит атмосферные воды с промышленных площадок и территории населенных мест.

Методика расчета условий отведения сточных вод в водоем предусматривает:

1) ознакомление с материалами, характеризующими сточные воды (количество, состав, свойства и режим сброса);

2) ознакомление с материалами, характеризующими водоем (расход воды, ее состав и свойства по сезонам года, скорость течения, условия перемешивания, длительность послеледогового периода, характер использования водоема ниже места сброса сточных вод);

3) проверку степени смешения и разведения сточной жидкости водой водоема в самом ближайшем к месту сброса пункте водопотребления;

4) проверку отдельных показателей качества сточных вод, выпускаемых в водоем;

5) проверку соответствия расчетных величин фактическим и изучение влияния сброса сточных вод на качество воды в водоеме, водопотребление, а в отдельных случаях — и на здоровье населения. Последнюю осуществляют во время текущего санитарного надзора.

Расчет условий отведения сточных вод в конкретный поверхностный водоем начинают с определения кратности разведения сточных вод водой водоема за время продвижения их от места сброса до створа, расположенного на 1 км выше самого ближнего пункта водопользования. Кратность разведения показывает, во сколько раз поступающие сточные воды разбавляются водой водоема за время продвижения от места сброса до расчетного (контролируемого) створа.

Зная кратность разведения и исходную концентрацию сточных вод, можно ориентировочно установить степень возможного загрязнения водоема. В то же время, опираясь на кратность разведения и гигиенические требования к органолептическим свойствам воды в водоеме, можно определить допустимое качество сточных вод по органолептическим показателям, при котором их можно сбрасывать в водоем.

Кратность разведения (n) вычисляют по формуле:

$$n = \frac{Q \cdot a + q}{q},$$

где Q — наименьший расход воды в реке в маловодный меженный период ($\text{м}^3/\text{ч}$) при 95% обеспеченности стока по данным гидрометеослужбы; q — среднечасовой расход сточных вод ($\text{м}^3/\text{ч}$), определяют по технологическим расчетам и специальным замерам; a — коэффициент смешивания — безразмерная величина, показывающая, какая часть воды водоема (Q) принимает участие в разведении сброшенного количества сточных вод (q) за время продвижения от места сброса до расчетного (контролируемого) створа. Его величина зависит от многих факторов: расстояния по прямой и по фарватеру от места сброса сточных вод до расчетного створа; скорости течения воды на указанном участке; места сброса сточной воды в водоем — возле берега или в фарватер реки; глубины реки; крутизны берегов и их извилистости и др. Указанная величина может быть рассчитана для каждого случая и колеблется от 0,1 до 1. Расход воды в водоеме, т. е. объем воды, который проходит через поперечное сечение реки за единицу времени, определяют по данным гидрометеослужбы. Известно, что количество воды в поверхностных водоемах заметно колеблется в течение года, а это влияет на разведение сточных вод. Наихудшие условия для разведения загрязнений, поступающих в водоем вместе со сточными водами, создаются при наименьших расходах воды в водоеме в маловодный меженный период. Но и при этих, наихудших, условиях разведения нужно соблюдать гигиенические нормативы качества воды в расчетном (контролируемом) створе в 95% случаев. Именно поэтому при расчете берут наименьшие расходы воды в реке при 95% обеспечения стока. Последнее означает, что фактические расходы воды в реке в маловодный меженный период в 95% случаев, т. е. 95 лет из 100, будут не меньше взятого в расчет Q . Например, расход воды при 95% обеспечении стока в реке Д. в пределах города Ч. в маловодный меженный период принимают за $50 \text{ м}^3/\text{ч}$. Фактический расход лишь 5 раз за 100 лет наблюдений может быть меньше расчетного ($50 \text{ м}^3/\text{ч}$), а остальные годы — $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ или больше.

Для оценки условий отведения сточных вод по органолептическим показателям (например, запаху) сравнивают величину разбавления, необходимую для исчезновения запаха сточных вод, которую устанавливают экспериментальным путем, с кратностью разведения, определенную расчетными методами. Если необходимая для исчезновения запаха величина разведения меньше расчетной кратности разведения, то можно разрешить сбрасывать такие сточные воды в определенный водоем. Например, опытным путем установлено, что

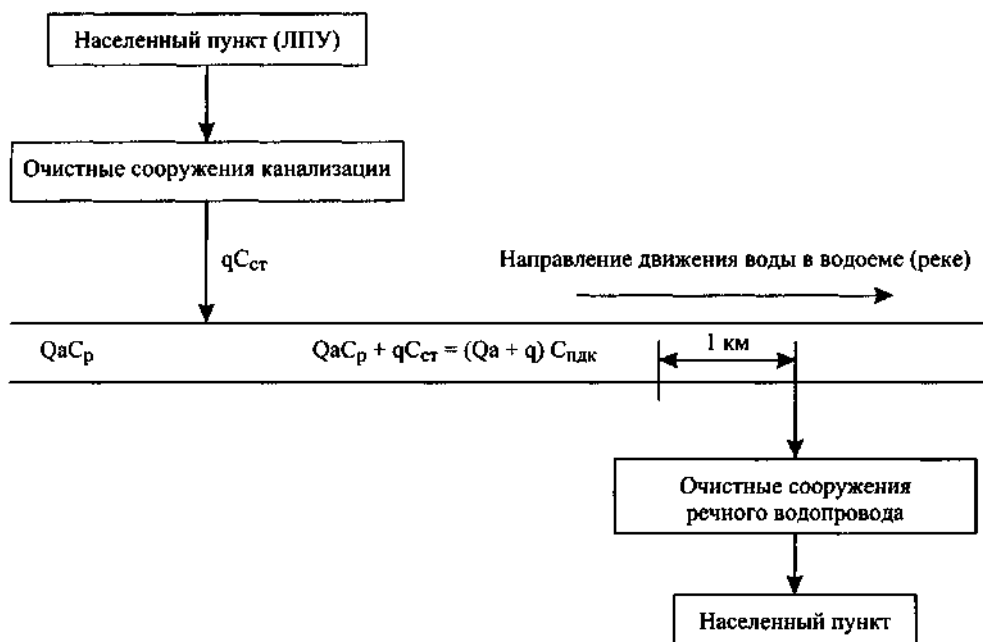


Рис. 36. Пример расчета условий отведения сточных вод в конкретный поверхностный водоем

уменьшение специфического запаха производственных сточных вод до 2 баллов достигается при их разведении в 50 раз; расчетная кратность разведения сточных вод водой водоема в створе, расположенном на расстоянии 1 км выше пункта водопользования, составляет 60. Следовательно, условия сброса сточных вод, регламентируемые Правилами, не будут нарушены.

Аналогичным способом определяют условия отведения в водоемы окрашенных сточных вод. Фактическое разведение их в водоеме (расчетная кратность разведения) должно обеспечить исчезновение окрашивания воды в столбике высотой 20 или 10 см (в зависимости от категории водопользования).

Принцип расчета условий отведения сточных вод в конкретный поверхностный водоем демонстрирует следующая схема (рис. 36). Предположим, что очищенные и обеззараженные сточные воды от населенного пункта или отдельно расположенного объекта в количестве q ($\text{м}^3/\text{ч}$) нужно отвести в ближайший водоем. Водоем имеет определенный расход воды Q ($\text{м}^3/\text{ч}$) и соответствующую фоновую концентрацию (C_p) загрязнений: органических, микробиологических, химических. Необходимо определить расчетным путем качество сточных вод ($C_{\text{ст}}$), с которым их можно разрешить сбросить в водоем и при этом гигиенические нормативы ($C_{\text{пдк}}$) в расчетном (контролируемом) створе водоема нарушены не будут. При выполнении расчетов важно учесть также условия возможного разведения и смешивания сточных вод речной водой, определяемые безразмерным коэффициентом (a).

Проведение расчетов основывается на том, что суммарное количество загрязнений, состоящее из фоновой концентрации в водоеме выше места пред-

полагаемого сброса (QaC_p) и количества загрязнений, сбрасываемых со сточными водами ($qC_{ст}$), не должно превышать предельно допустимой концентрации, установленной Правилами, во всем объеме воды ($(Qa + aJC)^J$:

$$QaC_p + qC_{ст} < (Qa + q)C_{пдк}$$

Выполним математические преобразования:

1) раскроем скобки:

$$QaC_p + qC_{ст} = C_{пдк}(Qa + q) + aJC_{пдк};$$

2) оставим слева от знака равенства ожидаемое качество сточных вод:

$$qC_{ст} = QaC_{пдк} - QaC_p + aJC_{пдк};$$

3) поскольку итогом расчета является качество сточных вод ($C_{ст}$), с которым последнюю можно сбросить в водоем, разделим это уравнение на q :

$$\frac{qC_{ст}}{q} = \frac{Qa(C_{пдк} - C_p)}{q} + \frac{aJC_{пдк}}{q}.$$

Окончательная расчетная формула будет иметь такой вид:

$$C_{ст} = \frac{Qa}{q}(C_{пдк} - C_p) + aJC_{пдк}.$$

По этой формуле рассчитывают концентрацию загрязняющего вещества в объеме сточных вод (q), при которой они могут быть выпущены в конкретный водоем с расходом воды (Q) и при коэффициенте смешивания (a). Сброс таких сточных вод теоретически гарантирует, что качество воды в створе водоема на расстоянии 1 км выше ближайшего пункта водопользования будет отвечать требованиям Правил.

Указанная формула дает возможность также рассчитать условия отведения сточных вод по содержанию сухого остатка, сульфатов, хлоридов, любого химического вещества, ПДК которого установлена по санитарно-токсикологическому или другому лимитирующему признаку вредности. В большинстве случаев сточные воды, сбрасываемые в водоемы, одновременно содержат несколько, иногда даже несколько десятков, химических веществ. Последние, попав в организм человека вместе с питьевой водой, оказывают комбинированное действие. Следствием такого действия на организм человека может быть суммирование вредных эффектов, возможность которого обязательно нужно учитывать и предвидеть. Эффектом суммирования обладают химические вещества, ПДК которых в водоеме установлена по одинаковому лимитирующему признаку — санитарно-токсикологическому, и которые принадлежат по параметрам токсикометрии к 1-му и 2-му классам опасности (чрезвычайно опасные и высокоопасные вещества). В этом случае приобретает силу правило Лебедева—Аверьянова, согласно которому сумма соотношений фактических концентраций ($C_1, C_2, \dots, C_n$) каждого токсического вещества в воде водоемов к ее ПДК ($C_{пдк1}, C_{пдк2}, \dots, C_{пдкн}$) не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1.$$

Тогда конечная формула расчета условий отведения сточных вод в водоем будет иметь такой вид:

$$C_{ст} = \frac{Qa}{q} \left(\frac{C_{пдк}}{n} - C_p \right) + \frac{C_{пдк}}{n},$$

где n — количество токсических химических веществ 1-го и 2-го классов опасности с одинаковым лимитирующим признаком вредности, которые одновременно содержатся в сточных водах.

Поступление в водоем хозяйственно-бытовых и некоторых промышленных (от предприятий пищевой промышленности, животноводческих и птицеводческих комплексов и др.) сточных вод, содержащих органические вещества, приводит к изменению его кислородного режима, ухудшению процессов самоочищения и санитарного состояния водоема. Поэтому, согласно Правил, в воде водоема нормируют как БПК₂₀ (не выше 3 или 6 мг O₂/л в зависимости от категории водопользования), так и содержание растворенного кислорода (не менее 4 мг O₂/л). Методика расчета допустимого содержания в сточных водах растворенных органических и взвешенных веществ приведена в "Руководстве к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене" / Под ред. Е.И. Гончарука. — М.: Медицина, 1990.

В соответствии с действующим законодательством министерства и ведомства обязаны обеспечить разработку предложений по уменьшению сброса загрязняющих веществ на подведомственных предприятиях, которые имеют или проектируют самостоятельные выпуски сточных вод в водные объекты, и представить их для согласования и утверждения органам государственного санитарного надзора в виде проекта предельно допустимых сбросов.

Под предельно допустимым сбросом (ПДС) веществ в водный объект подразумевают массу вещества в сточных водах (г/ч), максимально допустимую к отведению в водоем с установленным режимом в данном пункте водного объекта. Рассчитывают ПДС с целью обеспечения санитарно-гигиенических норм качества воды в пунктах водопользования, ассимиляционной способности водного объекта и оптимального распределения массы вещества между потребителями, сбрасывающими сточные воды. При сбросе нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности ПДС устанавливают с таким расчетом, чтобы учесть все примеси, поступающие в водоем или водосток выше размещенных выпусков. Сумма соотношения фактических концентраций каждого вещества в водном объекте, к ПДК этих веществ, не должна превышать единицы.

При отсутствии утвержденных ПДК для каких-либо веществ, присутствующих в сточных водах, при установлении ПДС следует руководствоваться Правилами, которыми запрещено сбрасывать такие сточные воды в водоем.

Под самостоятельными выпусками подразумевают отдельные или объединенные для нескольких предприятий выпуски сточных вод непосредственно в водные объекты, минуя системы водоотведения населенных мест.

В исключительных случаях по согласованию с Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения страны допускается временное использование ориентировочных допустимых уровней содержания химических веществ (ОДУ). Их утверждают на период научного обоснования ПДК, но не более чем на 3 года.

Величину ПДС с учетом требований к составу и свойствам воды в водных объектах для всех категорий водопользования рассчитывают по формуле:

$$\text{ПДС} = q_{\text{ст}} - C_{\text{ст}},$$

где $q_{\text{ст}}$ — наибольшие среднечасовые расходы сточных вод ($\text{м}^3/\text{ч}$); $C_{\text{ст}}$ — концентрация веществ в сточных водах, разрешенная к сбросу ($\text{г}/\text{м}^3$).

При этом важно, чтобы сброс массы вещества, отвечающего ПДС, осуществлялся при расчетных расходах сточной воды $q_{\text{ст}}$. В случае непредвиденного уменьшения расхода сточной воды $q_{\text{ст}}$ и сохранения при этом величины ПДС будет возрастать концентрация вещества в сточных водах в сравнении с расчетной $q_{\text{ст}}$, что недопустимо.

Величина $q_{\text{ст}}$, необходимая при расчете ПДС, для предприятий, учреждений, организаций, расположенных в зонах повышенного загрязнения водных объектов и (или) сточных вод, сбрасываемых в пределах населенного пункта, принимается не больше ПДК вещества в воде водных объектов в местах водопользования. В других случаях величина $C_{\text{ст}}$ определяется расчетным методом по рекомендованным выше формулам с учетом разведения сточных вод водой водного объекта, качества воды в нем выше места сброса сточных вод и процессов природного самоочищения.

ПДС для проектируемых предприятий устанавливают с учетом возможного изменения условий водопользования на участке водного объекта, куда предполагают сбрасывать сточные воды проектируемого предприятия.

Проекты ПДС прежде всего разрабатывают для действующих предприятий, сбрасывающих очищенные сточные воды в поверхностные водоемы, а также для предприятий, расположенных в зонах повышенного загрязнения водоемов. Для водоемов I и II категорий перечень таких предприятий, а также участков водоемов, относящихся к зонам повышенного загрязнения, определяют органы и учреждения санитарно-эпидемиологической службы в соответствии с гигиенической классификацией водных объектов по степени их загрязнения (см. табл. 14).

Проекты ПДС утверждают в базовых органах Министерства экологии по согласованию с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения страны на определенный срок. Затем их пересматривают в сторону снижения, до полного прекращения в перспективе сброса в водные объекты загрязняющих веществ.

Порядок рассмотрения и утверждения проектов ПДС органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы такой же, как при выдаче органами государственного надзора разрешения на специальное водопользование.

Проекты ПДС для действующих объектов могут быть согласованы в том случае, если они обеспечивают соблюдение нормативов качества воды в пунк-

тах водопользования. Сроки достижения проектов ПДС согласовывают местные органы государственного санитарного надзора с учетом конкретной санитарной ситуации, исходя из степени опасности существующего загрязнения. Для проектируемых объектов проекты ПДС согласовывают только при условии, если сброс сточных вод запроектированного объекта не приведет к превышению допустимого уровня загрязнения воды в пунктах водопользования.

В то же время, на предприятиях, для которых были согласованы ПДС, могут возникнуть ситуации, не предусмотренные ранее. Например, изменение технологического режима, увеличение объемов использования воды. Могут произойти изменения гидрологического режима водоема. Кроме того, могут быть построены новые объекты, появиться новые пункты водопользования населения и др. В этом случае согласованные ПДС не обеспечат необходимого качества воды в пунктах водопользования. Учитывая сложившееся положение, санитарно-эпидемиологическая служба ставит перед органами по регулированию использования и охране вод вопрос о досрочном пересмотре утвержденных ПДС.

Очистка сточных вод

Происхождение, свойства и состав хозяйственно-бытовых сточных вод.

Важным, опасным и почти повсеместным (при наличии канализации) источниками загрязнения водоемов являются неочищенные или недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые сточные воды. Они образуются в населенных пунктах при использовании питьевой воды для физиологических нужд, бытовой и хозяйственной деятельности человека. *Количество сточных вод, образующихся за единицу времени, называется расходом сточных вод ($\text{м}^3/\text{сут}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{л}/\text{с}$).* Объем хозяйственно-бытовых сточных вод почти равен объему питьевой воды, потребляемой в населенном пункте. Измеряется в единицах объема (м^3 , дм^3 или л). Нормы водопотребления зависят от многих факторов: благоустройства населенного пункта или отдельно расположенного объекта (жилого дома, общественного здания); системы водопотребления в населенном пункте (централизованной, децентрализованной), наличия центрального водяного отопления, природно-климатических и других условий (см. с. 107). Сегодня общая средняя норма водопотребления в городах колеблется от 50 до 1000 л/сут на одного человека и составляет: в Нью-Йорке — 600; в Париже — 500; в Москве — 400; в Киеве — 300; в Лондоне — 263.

По подсчетам ученых, объем бытовых сточных вод в населенных пунктах на конец 2000 г. с учетом увеличения количества населения, экономики страны, культуры населения возрос по сравнению с 1900 г. в 15 раз, в промышленности — в 220 раз. В Украине водопотребление на одного человека в конце 2000 г. в среднем составляло 330 л/сут, тогда как 15 лет назад — 190 л/сут. Максимальное количество бытовых сточных вод, которые отводятся с 1 га жилой застройки, в зависимости от плотности населения составляет, по нашим данным, от 40 до 175 $\text{м}^3/\text{сут}$.

Однообразие источников загрязнения, связанное с такими проявлениями жизнедеятельности и бытового режима, которые свойственны в равной мере

ТАБЛИЦА 15
**Количество загрязнений,
 поступающих со сточными водами
 в канализацию города в течение суток
 (СНиП 2.04.03-85)**

Наименование ингредиентов	Количество загрязнений в г/сут на 1 жителя, г	
Взвешенные вещества	65	21,45*
БПК ₅ неосветленной сточной воды	75	24,75
БПК ₂₀ осветленной сточной воды	40	13,2
Азот аммонийный	8	2,64
Хлориды	9	2,97
Фосфаты (P_2O_5)	3,3	1,09
в том числе от моющих средств	1,6	0,53
Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	2,5	0,83

*В неканализованных районах для расчета берут 33% от указанных в таблице (приведены отдельной строкой). При отведении в канализацию бытовых сточных вод промышленных предприятий загрязнения от персонала не учитываются.

ственного и бытового режима населения по часам, дням и сезонам года. Лишь длительное и систематическое проведение анализов сточной воды дает возможность установить тот средний состав, который уже имеет постоянный характер. Доказано, что человек в среднем ежесуточно выделяет 90 г твердых и 1170 г жидких отходов. Среднее количество загрязнений от одного жителя, поступающее в канализационную сеть города в течение суток, более-менее постоянная величина. Такие величины первым установил С.М. Строганов еще в 1939 г. Они не претерпели заметных изменений и сегодня (табл. 15). Это количество загрязнений разбавляется в питьевой воде, которую люди используют для физиологических и бытовых нужд. Поскольку нормы водопотребления в разных населенных пунктах неодинаковые, бытовые сточные воды очень отличаются не по составу, а по концентрации загрязнений.

Со сточной водой в канализационную сеть поступают компоненты физиологических выделений человека, загрязнения от умывания, приготовления пищи, купания, стирки белья, уборки в помещении. Кроме того, со сточными водами выносятся и твердые отходы (полиэтилен, бумага, ветошь и др.). То есть речь идет об органических и неорганических веществах, которые при попадании в сточные воды могут иметь вид взвешенных веществ (если они нерастворимы в воде) или растворов — коллоидных (сложных органических веществ),

населению всех городов, приводит к тому, что среднее количество загрязнений на одного жителя канализованного города, поступающих в канализационную сеть в течение суток, — величина более-менее постоянная. Разница, которая зависит от возраста, уровня культуры, благоустройства жилища, питания и др. и может наблюдаться в пределах незначительной группы людей, выравнивается в общей массе многотысячного населения города.

Перечень загрязнителей хозяйственно-бытовых сточных вод однообразный и постоянный, поэтому можно дать им общую физико-химическую характеристику. Но это не означает, что сточные воды даже одной канализации имеют постоянный, неизменный состав. Напротив, концентрация и количественные соотношения отдельных постоянных элементов загрязнения заметно, а иногда и резко колеблются, отображая особенности и изменения хозяй-

молекулярных (простые органические молекулы, например, мочевины, глюкозы, сахарозы), ионных (большинство минеральных веществ, которые в воде способны диссоциировать в ионы). К тому же в сточные воды поступает большое количество микроорганизмов, в том числе патогенных и условно-патогенных (так как среди населения всегда имеются здоровые носители возбудителей некоторых инфекционных болезней, не говоря уже о больных), яиц гельминтов, цист простейших.

Характеризуя в общих чертах хозяйственно-бытовые сточные воды, следует заметить, что они имеют прозрачность до 5 см, слабощелочную реакцию с рН 7,2—7,6. Содержат значительные количества неорганических и органических веществ во взвешенном, коллоидном и растворенном состоянии. Интенсивность запахов свежих, незагнивающих хозяйственно-бытовых сточных вод составляет 3—4 балла. Для хозяйственно-бытовых сточных вод характерно значительное бактериальное загрязнение. Это объясняется тем, что человек ежедневно выделяет $4,48 \cdot 10^{12}$ микробных тел. В зависимости от нормы водоснабжения, существующей в конкретной местности (например, 100 л/сут), общая численность сапрофитных микроорганизмов (микробное число) таких сточных вод будет составлять $4,48 \cdot 10^7$ КОЕ/мл. Титр бактерий группы кишечной палочки (коли-титр) таких сточных вод будет составлять 10^5 — 10^8 КОЕ/л. В сточных водах могут определяться десятки и сотни яиц гельминтов. Некоторые исследователи насчитывали их там до 1466 в 1 л. Даже в неэпидемический период в хозяйственно-бытовых сточных водах могут находиться патогенные кишечные бактерии и вирусы за счет поступления в канализацию экскрементов людей (бактерио- или заразоносителей, больных с невыраженной, или амбулаторной, формой кишечных инфекций, больных с инкубационный период) или недостаточно обеззараженных сточных вод инфекционных больниц и т. д. Известно, что в населенных пунктах количество "здоровых" и реконвалесцентных (переболевших инфекционными болезнями) бациллоносителей составляет 1—2% всего населения.

Для немедленного постоянного удаления и транспортирования (преимущественно самотеком) сточных вод от мест их образования до очистных сооружений предназначена сплавная система, получившая название канализации.

Канализация — это комплекс санитарных мероприятий и инженерных сооружений, обеспечивающих своевременный сбор сточных вод, образующихся на территории населенных пунктов и промышленных предприятий, быстрое удаление (транспортирование) этих вод за пределы населенных пунктов, а также их очистку, обезвреживание и обеззараживание¹.

Гигиеническое и экологическое значение канализации бесспорно. После устройства канализации улучшается санитарное состояние населенного пункта, резко снижается заболеваемость кишечными инфекциями. По нашим данным, благодаря канализации сельских населенных пунктов уровень кишечных инфекций и инвазий у сельского населения снизился в 12—13 раз. Кроме того,

Яковлев С.В., Карелин Я.Л. Водоотведение и очистка сточных вод. — М.: Стройиздат, 1996. — 591 с).

устройство канализации в населенных пунктах является важным фактором градостроения, так как дает возможность по-новому решать вопросы планировки и застройки городов.

Задачи по удалению бытовых отходов и их ликвидации на разных этапах развития общества решали по-разному. Наиболее простым и отвечающим санитарно-гигиеническим требованиям является отведение сточных вод при помощи подземной системы труб за пределы населенных пунктов (сплавная система). Такой способ используют издавна. Так, впервые примитивные системы канализации были оборудованы в период рабовладельческого строя, когда начали строить города. Во время раскопок в Египте обнаружили каналы для сточных вод, сооруженные за 2500 лет до нашей эры. В древних городах Индии, Китая, Римской империи была подземная сеть каналов для отведения сточных вод за пределы города в водоемы или на поля орошения. В VI в. до н. э. в Риме построили знаменитый канал "клоаса максима", который частично используют и ныне. В эпоху феодализма жидкие отходы из домов отводили непосредственно на улицы, а оттуда — через проемы в городских стенах — во рвы. Такая система удаления жидких отходов создавала условия для загрязнения поверхностных водоемов — источников водоснабжения, способствовала возникновению эпидемий кишечных инфекций. Значительное распространение кишечных инфекций и многочисленные эпидемии, охватившие Европу, обусловили необходимость в строительстве водопроводов, а со временем и канализации. Статистические данные свидетельствуют, что после строительства систем водоснабжения и канализации заболеваемость и смертность населения значительно снизились. Особенно уменьшилось количество кишечных инфекций. Интенсивное строительство канализации началось в Европе в XIX в. вследствие развития промышленности и городов. Наибольший подъем наблюдался в Англии, где канализационные системы, хотя и не совсем совершенные, существовали в 1833 г. более чем в 50 городах. Значительно позже начали сооружать канализацию в Германии (в Гамбурге — с 1843 г., в Штеттине — с 1862, во Франкфурте-на Майне — с 1867 г., в Данциге — с 1870 г., в Берлине — с 1873 г.). Более быстрыми темпами строили канализацию в городах США, где до 1902 г. были канализованы почти 1000 городов.

В России первые системы канализации построили в XI—XIV вв. в Новгороде Великом, Московском Кремле. В это же время появилась канализация в Киево-Печерской лавре. Но затем Россия отстала в этом отношении от других стран. В середине XVIII в. в Петербурге начали использовать каналы, в том числе и большие (3,8 x 3,6 м) для отведения атмосферных вод. В такие каналы попадали также и неочищенные бытовые сточные воды. Это способствовало загрязнению поверхностных водоемов и возникновению водных эпидемий кишечных инфекций. Правительство России было вынуждено ускорить темпы строительства канализации, особенно в городах. И уже в 1832 г. Петербург опередил Париж. В конце XIX — в начале XX в. были канализованы многие города России. Причем в отдельных случаях городские стоки отводили на поля орошения.

До 1980 г. на территории Советского Союза (нынешние страны СНГ) введены в строй свыше 270 тыс. км канализационных сетей. Пропускная способность очистных сооружений превышала 90 млн м³ в сутки, а объемы только промышленных сточных вод превышали 120 млн м³ в сутки.

В начале 1990 г. в Украине имели канализацию 90,8% городов, 49% поселков городского типа и лишь 2,7% сельских населенных пунктов.

Канализацию как комплекс инженерных сооружений можно разделить на 3 части в зависимости от их назначения.

Внутренняя (домовая) канализация рассчитана на прием сточных вод в местах их образования (например, от санитарных приборов в жилых и общественных зданиях) и отведения за пределы дома, в наружную канализационную сеть.

Наружная канализация — проложенная с уклоном разветвленная подземная сеть труб и каналов для отведения сточных вод самотеком к насосной станции, очистным сооружениям или в водоем. В зависимости от назначения, места расположения на территории населенного пункта или промышленного предприятия и размеров наружной канализации различают: а) дворовую — проложенную в пределах одного владения; б) внутриквартальную — проложенную внутри квартала и объединяющую выпуски от отдельных зданий; в) производственную — проложенную на территории промышленного предприятия и принимающую воды из его зданий и цехов; г) уличную — проложенную на улицах и проездах разветвленную систему канализационных трубопроводов, принимающих сточные воды из дворовых, внутриквартальных и производственных сетей. Для контроля за работой дворовых, внутриквартальных и производственных сетей в конце их оборудуют смотровой колодец, который называется контрольным. Участок сети, соединяющий контрольный колодец с уличной сетью, называется соединительной веткой.

Очистные сооружения предназначены для механической, биологической очистки, обезвреживания и обеззараживания сточных вод; выпуска очищенных сточных вод в поверхностные водоемы без нарушения их естественного состояния согласно СанПиН 4630-88, также для обработки осадка сточных вод с целью дальнейшей его утилизации.

В практике канализации населенных пунктов приобрели распространение несколько систем канализации. Под системой канализации подразумевают общее или раздельное отведение сточных вод трех категорий: хозяйственно-бытовых, производственных, ливневых (атмосферных). Различают общесплавную, раздельную (полную и неполную), полураздельную и комбинированную системы канализации.

Первая система — общесплавная. С ее помощью сточные воды (хозяйственно-бытовые, производственные, ливневые) сплавляются одной общей сетью труб и каналов за пределы городской территории на очистные сооружения.

Раздельная система канализации предусматривает отведение ливневых и условно чистых производственных сточных вод одной сетью труб и каналов, а хозяйственно-бытовых и загрязненных производственных сточных вод — другой (одной или несколькими). Раздельная система канализации может быть

полной и неполной. *Полная раздельная система* предусматривает устройство нескольких самостоятельных канализационных сетей: сеть, с помощью которой отводят только ливневые или ливневые и условно чистые производственные сточные воды; сеть для отведения бытовых и части загрязненных производственных сточных вод, разрешенных к приему в бытовую канализацию; сеть для отведения загрязненных производственных сточных вод, которые не допускаются к общему отведению с бытовыми сточными водами. *Неполная раздельная система* предусматривает отведение канализационной сетью только самых загрязненных производственных и бытовых сточных вод. Ливневые воды отводятся в водоемы по кюветным проездам, открытым лоткам, канавам, тальвегам.

Предназначенная для приема и отведения ливневых вод канализационная сеть называется **дождевой (ливневой)**, или водостоком. Если в такую канализацию сбрасывают практически чистые производственные сточные воды, то ее называют производственно-дождевой сетью. **Производственной** называют канализационную сеть промышленного предприятия, предназначенную для приема и отведения только загрязненных промышленных сточных вод (при раздельном их удалении). **Производственно-бытовой** называют сеть для приема и совместного отведения производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Совместное отведение производственных и бытовых сточных вод допускается только в тех случаях, когда это не нарушает работы канализационной сети и очистных канализационных сооружений.

Полураздельная система канализации состоит из тех же самостоятельных сетей, что и полная раздельная, и одного главного (перехватывающего) коллектора, к которому подсоединены все сети. При помощи последнего на общие очистные сооружения отводят хозяйственно-бытовые, производственные, талые воды, воды от мытья улиц и часть самых загрязненных ливневых вод.

Комбинированные системы возникли в результате расширения городов, имеющих общесплавную систему канализации. При этой системе к общесплавной канализации из районов новой застройки подводят бытовую и производственную канализационные сети. Для ливневых вод устраивают самостоятельные дождевые (ливневые) канализационные сети с выпуском воды в самый ближний водоем без очистки. Таким образом, **комбинированная** система предусматривает **общесплавную** (в старой части города), **полную раздельную** или **неполную раздельную** в районах новой застройки.

Преимуществом общесплавной системы является то, что она наиболее экономичная при многоэтажной застройке, так как ее внутриквартальная и уличная сети на 30—40% короче, чем при устройстве двух самостоятельных сетей полной раздельной системы канализации. В то же время, с гигиенической точки зрения, общесплавная система имеет определенные недостатки. *Во-первых*, на главных и отводных коллекторах этой системы оборудуют ливневые спуски. Во время сильного дождя через такие ливневые спуски смесь дождевых и сточных вод сбрасывается в водоемы без очистки. Это приводит к загрязнению водоема в пределах населенного пункта. *Во-вторых*, в населенных пунктах с малоэтажной застройкой канализационная сеть заполняется не полностью,

особенно летом. Это способствует выпадению и загниванию в сети осадка сточных вод. Во время интенсивного дождя сеть переполняется в результате подпора воды, что приводит к затоплению подвалов жилых и общественных домов.

Раздельная система канализации имеет то преимущество, что все ее элементы работают равномерно, поскольку рассчитаны только на расходы бытовых или промышленных сточных вод. Недостатком ее является то, что необходимо устраивать две раздельные сети (производственно-бытовую и ливневую). Кроме того, при раздельной системе канализации сброс всех ливневых вод происходит в поверхностные водоемы без предварительной очистки.

Полураздельная система канализации, с гигиенической и экологической точек зрения, считается наилучшей по сравнению с предыдущими (общесплавной и раздельной), ведь во время дождя в поверхностные водоемы поступает минимальное количество загрязнений.

С эколого-гигиенической и технико-экономической точек зрения, комбинированная система канализации занимает промежуточное положение между общесплавной и раздельной.

По проектной и фактической мощности канализацию разделяют на большую и малую. **Большая канализация** рассчитана на прием, отведение и очистку сточных вод от населенных пунктов с водоотведением свыше 10 000 м³/сут. **Малая канализация** рассчитана на прием, отведение и очистку сточных вод от населенных мест и отдельно расположенных объектов с водоотведением до 10 000 м³/сут.

Термин "малая канализация" включает все разновидности очистных канализационных сооружений, при помощи которых можно отвести по централизованной или децентрализованной схеме и очистить сточные воды малых населенных пунктов (села, *поселки городского типа, города с количеством жителей до 50 тыс., отдельно расположенные объекты — больницы, санатории, кемпинги, базы отдыха, детские оздоровительные заведения, дачи, виллы, коттеджи и др.*).

Под очистными сооружениями малой канализации следует понимать совокупность очистных сооружений, так называемых местных, рассчитанных на незначительные объемы сточных вод — до 25 м³/сут, и малых, рассчитанных на 25 м³/сут и более — до 10 000 м³ сточных вод в сутки.

Применение очистных сооружений "малой канализации" целесообразно:

- 1) для канализации сельских населенных пунктов по централизованной, децентрализованной, смешанной или частичной схемам;
- 2) для канализации рабочих и дачных поселков;
- 3) *при размещении объекта канализации далеко за пределами населенного пункта (кемпинги, санатории, специализированные больницы и др.), когда невозможно или экономически нецелесообразно подсоединять объект к канализационной сети населенного пункта;*
- 4) при сложном рельефе местности;
- 5) в населенных пунктах для временной канализации определенных объектов на период до введения в действие первой очереди канализации населенного пункта.

К очистным сооружениям "малой канализации" относятся: небольшие поля орошения; небольшие поля фильтрации; поля подземного орошения; небольшие биологические пруды; циркуляционные окислительные каналы (ЦОК); аэроокислители радиального типа (АРТ); биологические фильтры (капельные, высоконагружаемые, башенные); компактные канализационные установки заводского изготовления типа УКО, БИО, КУ; аэротенки-осветлители колонного и коридорного типов конструкции НИКТИ ГХ, в том числе и изготовленные со стеклоцемента, автоматические станции "Симбиотенк" и др.

К местным очистным сооружениям "малой канализации" относятся те, которые размещены на территории объекта канализования и рассчитаны на очистку до 25 м^3 сточных вод в сутки. Это преимущественно комплексы сооружений с подземной фильтрацией сточных вод. Инженеры по санитарной технике, врачи-профилактики и гигиенисты в понятие "сооружения подземной фильтрации" включают весь комплекс сооружений, которые входят в ту или иную систему и предназначены для предварительной механической и завершающей биологической очистки сточных вод.

Чаще всего в этих условиях для биологической очистки сточных вод применяют площадки подземной фильтрации, фильтрующие траншеи и колодцы, песчано-гравийные фильтры, где происходит завершающий этап биологической очистки. Поэтому всю систему называют по названию главного ее компонента (например, система с фильтрующей траншеей).

Обязательными составными частями любой системы очистных сооружений с подземной фильтрацией должны быть отстойник — типа септика, предназначенный для механической (первичной) очистки сточных вод, и земельный участок, на котором заложены устройства, обеспечивающие подземную фильтрацию сточных вод и их биологическую (вторичную) очистку, то есть подземная оросительная сеть, фильтрующий колодец, подземный фильтр, подземная траншея и т. д.

В зависимости от конкретных условий в состав очистных сооружений с подземной фильтрацией сточных вод могут входить, кроме септика и подземной оросительной сети, дозирующие устройства, распределительные колодцы, вентиляционные приспособления и др.

Дозирующие устройства в системах сооружений подземной фильтрации предназначены для периодического порционного выпуска осветленных в септике сточных вод в подземную оросительную сеть.

При количестве сточных вод до $3 \text{ м}^3/\text{сут}$ нет необходимости применять дозирующие устройства, поскольку чем меньше объект канализования, тем неравномернее водоотведение. Само по себе это уже обеспечивает периодическое поступление сточных вод в подземную оросительную сеть.

Если количество сточных вод составляет или превышает $3 \text{ м}^3/\text{сут}$, нужно предусматривать устройство дозирующих и распределительных устройств для периодического, порционного выпуска сточных вод в оросительную сеть. Это дает возможность равномерно распределить сточную воду по всей сети и создать условия для фильтрации перемежающихся сточных вод. Оба фактора способствуют повышению эффекта очистки сточных вод.

В качестве дозирующих устройств применяют конструкции автоматического действия, которые рекомендуют совмещать с септиком. При строительстве сооружений подземной фильтрации применяют качающиеся желоба, дозирующие сифоны. Роль дозатора может выполнять станция перекачивания (насосная установка), оборудованная после септика. Качающиеся желоба состоят из двух основных частей — дозирующей камеры и ковша. Емкость каждого отделения желоба с целью обеспечения их прочности не должна превышать 40—50 л. Дозирующие сифоны рекомендуют применять при производительности сооружений подземной фильтрации свыше $5 \text{ м}^3/\text{сут}$. Они содержат собственную дозирующую (накопительную) камеру и автоматически действующий сифон.

Рабочая емкость камеры дозирующего устройства должна составлять при устройстве желобов 20% емкости центральной распределительной трубы. При устройстве сифонов — от 20 до 100% емкости подземной оросительной сети. В связи с тем, что сифоны очень сложно регулировать на малых очистных сооружениях, поэтому следует шире применять желоба, даже при мощности сооружений подземной фильтрации свыше $5 \text{ м}^3/\text{сут}$. Эти устройства дешевле, проще конструктивно и в эксплуатации (легко ремонтируются, регулируются, меньше ломаются). Правда, емкость качающегося желоба небольшая (50 л), но даже незначительная периодическая перемежающаяся фильтрация создает более благоприятные условия для самоочищения в почве земельного участка сооружений подземной фильтрации, нежели непрерывная. В качестве надежных устройств можно рекомендовать плавающие насосы. Их устанавливают в колодце после септика и с их помощью подают осветленную сточную воду в подземную оросительную сеть сооружений подземной фильтрации сточных вод. Распределительные устройства и лотки с целью надежности очистки следует изготавливать из железобетонных элементов или кирпича, а также из текстолитового стеклоцемента (лотки будут легче и прочнее). Водоотводные линии от дозирующих устройств и распределительного колодца следует прокладывать из труб диаметром не менее 100 мм, с уклоном не менее 0,005.

Научное обоснование условий высокоэффективного применения местных очистных сооружений "малой канализации" для очистки сточных вод сельских больниц, малых населенных пунктов и отдельных объектов (специализированных больниц, кемпингов, баз отдыха, пригородных ресторанов, школ-интернатов и др.), расположенных за пределами населенных пунктов, где устройство централизованной канализации экономически не оправдано, было сделано Е.И. Гончаруком на основании результатов многолетних исследований.

Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод предусматривает 3 основных этапа: 1) механическую (первичную) обработку — освобождение сточных вод от грубых и тяжелых примесей, взвешенных веществ; 2) биологическую (вторичную) очистку — освобождение осветленных сточных вод от растворенных органических веществ, находящихся в растворенном и коллоидном состоянии, в результате процессов биологического окисления микроорганизмами активного ила; 3) обеззараживание (освобождение сточных вод после ме-

**Классификация сооружений механической (первичной)
очистки сточных вод**

Сооружения							
Предварительная очистка			Окончательная очистка				
Решетки, сита	Песко- ловки	Жиро-, нефте-, бензо-, улавли- ватели	Отстойники				
			Без сбраживания осадка			Со сбраживанием осадка	
			Горизон- тальные	Верти- кальные	Радиаль- ные	Двухъярусные (эмшеровские) отстойники или колодцы (Имгофа)	Септики

ханической и биологической очистки) от патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Иногда возникает необходимость в доочистке (третичной и даже четвертичной очистке) биологически очищенных сточных вод (когда качество возвратных вод не отвечает нормам сброса в водоем) в сооружениях разных конструкций. Таким образом, при необходимости максимально приблизить качество сточных вод к воде водоема, куда их сбрасывают, возможны пять этапов очистки. Но сегодня с целью очистки хозяйственно-бытовых сточных вод чаще всего используют технологии, предусматривающие механическую, биологическую обработку и обеззараживание.

Механическая (первичная) очистка хозяйственно-бытовых сточных вод предназначена для освобождения сточных вод от механических примесей, находящихся во взвешенном состоянии и имеющих диаметр частиц свыше 0,1 мкм. Сооружения механической очистки сточных вод в зависимости от назначения разделяют на две группы (табл. 16). К первой группе относят сооружения предварительной механической очистки — решетки, сита, песколовки, жироседелители и др. Ко второй группе относят сооружения окончательной механической обработки — горизонтальные, вертикальные, радиальные, двухъярусные отстойники, септики, осветлители-перегнватели, септики-дегельминтезаторы.

Предварительная механическая очистка сточных вод предназначена для освобождения сточных вод от грубых примесей, песка, пленок нефти, бензина, масел и пр.

Первым представителем сооружений механической очистки сточных вод являются **решетки** (рис. 37). Они предназначены для освобождения сточных вод от грубых частиц размером свыше 16 мм. Если их не удалить из сточных вод на этапе предварительной механической обработки, то они выпадут в осадок в сооружениях окончательной механической очистки — отстойниках. Такой осадок будет неоднородным, что ухудшит процесс его обезвреживания. То есть использование решеток дает возможность в отстойниках получить однородный осадок и этим облегчить технологический процесс его обработки и обезвреживания. Кроме того, решетки предназначены для предупреждения засорения насосов и труб при перекачивании сточных вод и их осадка.

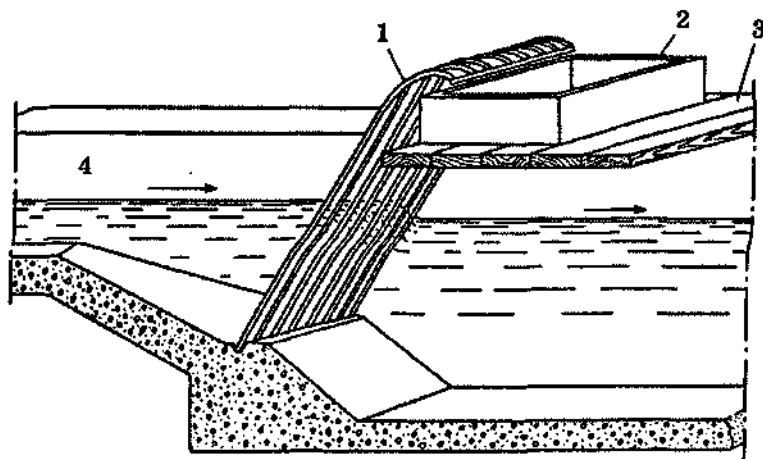


Рис. 37. Схема устройства решеток:

1 — решетки; 2 — контейнер для твердых отходов; 3 — пол; 4 — канал притока сточных вод

Контруктивно решетки представляют собой ряд параллельных металлических прутьев, скрепленных вместе. Ширина прозоров между ними должна составлять 16 мм. Решетки расположены под уклоном, угол которого составляет $60-70^\circ$. Устраивают решетки, если на объекте канализования образуется свыше 25 м^3 сточных вод в сутки. При необходимости решетки ставят перед насосными станциями меньшей мощности. Если количество отходов, которые задерживаются на решетках в течение суток, превышает 100 л ($0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$), необходим механизированный способ очистки их от крупных примесей. Если количество отходов менее $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, допускается ручной способ очистки решеток.

Для определения количества отходов, которые могут задерживаться на решетках исходя из того, что при ширине прозоров между их прутьями 16 мм в год на 1 человека задерживается 5—6 л отходов. Тогда, если проектируют очистные канализационные сооружения для населенного пункта на 60 000 жителей, в сточные воды поступит $6 \times 60\,000 = 360\,000$ л отходов в год, а за сутки $360\,000 : 360 = 1000$ л, или $1 \text{ м}^3/\text{сут}$. Таким образом, при проектировании очистных сооружений для данного населенного пункта должен быть предусмотрен механизированный способ освобождения решеток от отходов.

В процессе осуществления государственного санитарного надзора за очистными сооружениями канализации врачу-профилактику нужно обращать особое внимание на организацию обезвреживания отходов, которые задерживаются на решетках. На очистных канализационных станциях большой и средней мощности их массу дробят в специальных аппаратах-измельчителях или решетках-дробилках, после чего сбрасывают в канал перед отстойниками или отводят непосредственно в метантенки. Для обезвреживания небольшого количества отходов лучше применять компостирование на специально предусмотренном и отведенном для этой цели земельном участке. Допускается закапывание отходов, обезвреживание их в биотермических камерах.

Если количество отходов превышает $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, кроме механизированной очистки решеток необходимо устройство грабельного отделения в отапливаемых помещениях со средней температурой воздуха в зимний период не ниже 16°C . В технологических схемах канализационных станций небольшой мощности конструктивно решетки могут быть объединены с песколовками.

Полы в грабельном отделении следует устраивать не менее чем на $0,5 \text{ м}$ выше расчетного уровня сточной воды в канале. Вокруг решеток с механизированной очисткой должен быть проход шириной не менее $1,2 \text{ м}$, а перед фронтом — не менее $1,5 \text{ м}$.

В помещении грабельного отделения предусматривают приточно-вытяжную вентиляцию с пятикратным обменом воздуха. Помещение грабельного отделения должно иметь достаточное естественное (КЕО $1\text{--}1,2\%$) и искусственное (не менее $50\text{--}75 \text{ лк}$) освещение и систему защиты от шума. Кроме того, должны быть предусмотрены надлежащие бытовые помещения для хранения верхней и спецодежды персонала, умывальник, душевая и т. д.

Обслуживающий персонал грабельного отделения, как и весь персонал очистной канализационной станции, должен быть обеспечен спецодеждой, моющими и дезинфицирующими средствами, проходить предварительный и периодический медицинский осмотры, согласно соответствующих приказов Министрства здравоохранения, регулярно обследоваться на носительство кишечных инфекций, получать профилактические прививки и т. п.

Песколовки предназначены для освобождения сточных вод от тяжелых минеральных примесей (минерального балласта, не требующего обезвреживания), главным образом песка, перед тем, как они попадут в отстойники. Песколовки следует применять на очистных канализационных станциях мощностью свыше $100 \text{ м}^3/\text{сут}$. Для того чтобы в песколовках задерживался лишь минеральный балласт (песок) и не выпадали органические вещества, скорость движения сточной воды через песколовку должна составлять $0,15\text{--}0,3 \text{ м/с}$. Продолжительность прохождения сточной воды через песколовки — не менее 30 с . С учетом скорости прохождения сточной воды через песколовку или его секцию и продолжительности пребывания в ней минимальная длина песколовки должна составлять: $0,3 \text{ м/с} \times 30 \text{ с} = 9 \text{ м}$. Объем песка, задерживаемого в песколовке, устанавливается в пределах $0,02 \text{ л}$ на человека. Песколовки или их отделений должно быть не менее двух. Одно отделение чистят (освобождают от песка), а другое — работает. Удалять песок нужно не реже одного раза в 2 сут . Дно песколовки иногда делают дренированным, чтобы освободить песок от излишка влаги, облегчить его удаление и высушивание.

Высушивают песок на Песковых площадках. При проведении расчетов необходимой площади земельного участка под песковые площадки учитывают толщину слоя песка (3 м^3 на площади песковой площадки в 1 м^2), допустимого для накопления в течение года на песковой площадке. Например, для расчета необходимой площади земельного участка под песковые площадки очистной канализационной станции для населенного пункта на $60\,000$ жителей нужно учесть, что в течение года на песковую площадку от одного человека поступит $0,02 \times 360 = 7,2 \text{ л}$ песка, от всех жителей — $7,2 \times 60\,000 = 432\,000 \text{ л}$, или 432 м^3 .

Тогда площадь земельного участка под песковые площадки будет составлять $432 : 3 = 144 \text{ м}^2$, или 0,0144 га.

Излишек воды с Песковых площадок при помощи специально оборудованного дренажа отводится в канализационный коллектор перед песколовкой, то есть возвращается на очистные сооружения канализации.

Окончательная механическая очистка. Отстойники предназначены для окончательной механической очистки сточных вод путем их освобождения от взвешенных веществ, которые при снижении скорости движения воды под действием силы тяжести выпадают в осадок. Их можно применять как самостоятельные сооружения, когда по санитарным условиям достаточно удалить из сточных вод лишь механические примеси. Если местными условиями предусмотрена биологическая очистка сточных вод, то отстойники обязательно предшествуют сооружениям для биологической очистки. Кроме того, при использовании для биологической очистки определенных сооружений (например, аэротенков) возникает необходимость в отстаивании воды после них. Поэтому в зависимости от назначения отстойники разделяют на *первичные*, устраиваемые перед сооружениями биологической очистки, и *вторичные* — после них.

По конструктивным особенностям и направлению движения воды отстойники делятся на *горизонтальные*, *вертикальные* и *радиальные*. К отстойникам условно можно отнести и *осветлители*, в которых одновременно с отстаиванием сточные воды фильтруются через слой взвешенных веществ.

По условиям очистки отстойники разделяют на две группы: 1) без сбраживания осадка (горизонтальные, вертикальные, радиальные, имеющие сборно-распределительное вращательное оборудование; 2) со сбраживанием осадка (двухъярусные, осветлители-перегниватели, септики, септики-дегельминтизаторы). Отстойники без сбраживания осадка применяют преимущественно в большой канализации при значительных объемах сточных вод образующихся в населенном пункте. В этом случае для дальнейшего обезвреживания осадка, после отстойников, необходимо устраивать специальные сооружения — метантенки. В метантенках происходит анаэробное сбраживание осадка. Отстойники со сбраживанием осадка применяют в малой канализации, когда необходимо обработать незначительные объемы сточных вод. При этом соответственно образуются незначительные количества осадка. В этих случаях в одном сооружении объединяют два процесса — отстаивание сточных вод и сбраживание осадка. Осуществляя санитарную экспертизу проекта канализации населенного пункта, следует помнить, что тип отстойника (горизонтальный, вертикальный, радиальный, двухъярусный, септик и др.) выбирают с учетом технологической схемы очистки сточных вод и обработки осадка, которые предусмотрены проектом. Важно учитывать также мощность очистных сооружений, очередность их строительства, геологические условия, уровень залегания грунтовых вод, размеры и конфигурацию земельного участка, выделенного под очистные сооружения канализации и др.

Оценивая количество эксплуатируемых или проектируемых единиц, следует помнить, что технологической схемой очистки сточных вод должно

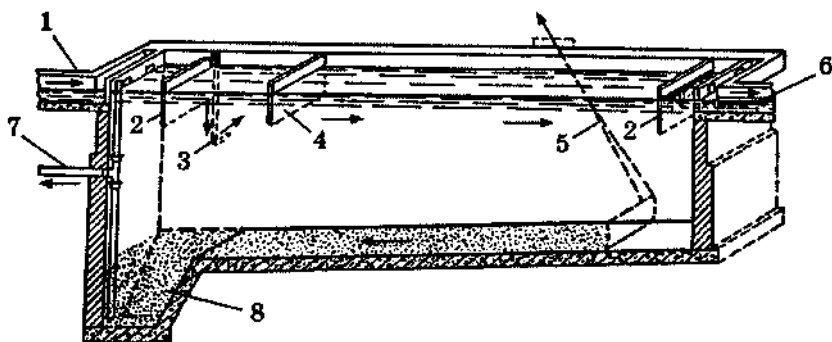


Рис. 38. Схема горизонтального отстойника:

1 — трубопровод для притока сточной воды; 2, 4 — порог для образования равномерного потока; 3 — труба для удаления жира и пены в жировой колодец; 5 — скребок для сгребания ила, осевшего на дно; 6 — выход осветленной воды; 7 — труба для удаления излишка воды; 8 — карман для ила

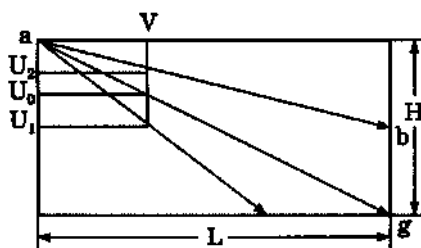


Рис. 39. Схема оседания взвешенных веществ в горизонтальном отстойнике

быть предусмотрено устройство не менее двух первичных и трех вторичных отстойников. Важно то, что все отстойники должны быть рабочими. При устройстве минимального количества отстойников их расчетный объем следует увеличивать в 1,2—1,3 раза.

Основные расчетные параметры отстойников определяют по СНиПу 2.04.03-85.

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольный резервуар

глубиной 4 м с соотношением ширины к длине не менее 1 : 4. Отстойник имеет несколько отделений (два и более). Сточная вода по каналу подводится к торцевой стенке отстойника. Там она при помощи поперечного водосливного лотка равномерно распределяется по всей его ширине.

Двигается сточная жидкость почти горизонтально — вдоль отстойника (рис. 38, 39). С противоположной стороны сооружения предусмотрено наличие аналогичного сливного лотка для сбора осветленной воды. Осадок сточных вод в отстойнике собирается в приямок с помощью механических илоскребок. Последние имеют разную конструкцию.

Рассчитывая горизонтальные отстойники, определяют размеры проточной (рабочей) и иловой частей. Наивысшую скорость движения воды в отстойнике (v) принимают за 10 мм/с. Расчетную продолжительность ($t_{отст}$) отстаивания сточной воды в отстойнике определяют в зависимости от необходимой эффективности осветления ($\mathcal{E}$, %) по табл. 17. Для небольших очистных канализационных станций при максимальном расходе сточной воды (q_{max}) она должна составлять от 0,5 до 1,5 ч. Эффективность осветления ($\mathcal{E}$, %) определяют в зависимости от допустимой концентрации взвешенных веществ в очищенных сточных водах (m , мг/дм³), с которой они могут быть отведены в конкретный

Продолжительность отстаивания ($t_{отст}$) городских сточных вод
в отстойниках в зависимости от эффекта осветления
(СВ. Яковлев, Ю.М. Ласков, 1995)

Эффект осветления, %	Значение (с) в слое $h_i = 500$ мм при концентрации взвешенных веществ			
	100 мг/л	200 мг/л	300 мг/л	500 мг/л
20	600	300	—	
30	900	540	320	260
40	1320	650	450	390
50	1900	900	640	450
60	3800	1200	970	680
70	—	3600	2600	1830
80	—	—	—	5260

водоем, и начальной концентрации взвешенных веществ в сточных водах, которые подлежат очистке (a , мг/дм³). Ее определяют по формуле:

$$\mathfrak{Z} = \frac{a - m}{a} \cdot 100.$$

Расчет отстойника осуществляют таким образом:

1) объем рабочей части отстойника (W , м³) — по формуле:

$$W \sim Q_{\max} \cdot t_{отст}$$

где $Q_{\max}$ — максимальный расход сточной воды (м³/с); $t_{отст}$ — расчетная продолжительность отстаивания сточной воды (с);

2) площадь сечения (S , м²) — по формуле:

$$S = Q_{\max} : v,$$

где $Q_{\max}$ — максимальный расход сточной воды (м³/с); v — скорость рабочего потока (м/с);

3) длину отстойника (L , м) — по формуле:

$$L = W : S;$$

4) ширину одного отделения отстойника (B , м) — по формуле:

$$B = S \cdot (n \cdot H),$$

где H — расчетная глубина отстойника (1,5—4 м); n — количество отделений.

Соотношение между длиной отстойника и его шириной должно быть в пределах 8:12.

Допустим, скорость (u_0) оседания взвешенных веществ определенной величины постоянная, а скорость движения воды в отстойнике во всех точках его сечения также одинакова, тогда согласно подобию треугольников, образуемых скоростью горизонтального движения воды (v) в отстойнике и скорости (u_0) выпадения веществ под действием силы тяжести (рис. 39), длину отстойника можно определить по формуле:

$$L = H \cdot (v : u_0).$$

Горизонтальные отстойники можно вычислить также по нагрузке сточной воды на единицу площади водного зеркала отстойника ($\text{м}^3/\text{м}^2$), исходя из того, что на 1 м^2 площади нагрузка должна составлять $1\text{--}3 \text{ м}^3$ в 1 ч. Например, проводим расчет площади (S) горизонтального отстойника очистной канализационной станции для населенного пункта на 60 000 жителей с водоотведением 200 л/сут, или $0,2 \text{ м}^3/\text{сут}$. Максимальный расход сточной жидкости в этом случае составляет $0,2 \times 60\,000 = 12\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$, или $12\,000 : 24 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Тогда площадь водного зеркала горизонтального отстойника для отстаивания сточной воды в течение 1 ч будет составлять $500 : 3 = 167 \text{ м}^2$. При продолжительности отстаивания 0,5 ч эта площадь может быть уменьшена до 85 м^2 . При продолжительности отстаивания 1,5 ч площадь должна составлять 250 м^2 . Объем рабочей камеры отстойника при продолжительности отстаивания в течение 1 ч будет составлять $W = 500 \times 1 = 500 \text{ м}^3$; глубина отстойника $H = W : S = 500 : 167 = 3 \text{ м}$.

Кроме размеров проточной части отстойника (L, H, B), в пределах которой оседают взвешенные вещества, следует также определить объем иловой камеры отстойника. Количество осадка, который выпадает в первичных отстойниках, составляет 0,8 л/сут на 1 человека. Влажность осадка зависит от способа его удаления. При самотечном удалении она составляет 95%, механизированном — 93%. Для городских сточных вод количество осадка (м^3), которое выпадет в сутки в отстойнике, может быть определено по формуле: $W_{\text{оса}} = 0,8 \cdot N/1000$, где N — количество жителей. Тогда для населенного пункта на 60 000 жителей объем иловой части отстойника ($W_{\text{оса}}$) будет составлять $0,8 \times 60\,000/1000 = 48 \text{ м}^3$.

Горизонтальные отстойники предусматривают на станциях мощностью выше $15\,000 \text{ м}^3$ сточной воды в сутки. Их преимущество в том, что они обеспечивают высокий эффект осветления (до 50%) и стабильность в работе. Кроме того, сравнительно небольшая глубина (до 4 м) дает возможность применять горизонтальные отстойники на территориях с высоким уровнем залегания грунтовых вод. Недостатки горизонтальных отстойников — сложности в устройстве и незначительная надежность скребкового механизма для собирания осадка.

Вертикальные отстойники представляют собой круглые или квадратные в плане резервуары с конусным или пирамидальным дном. Имеют диаметр до 10 м. Сточная вода в сооружение поступает по лотку к центральной трубе. Достигнув отражательного щита, поток сточной воды меняет направление с нисходящего на горизонтальный, а затем на вертикальный восходящий. Во время вертикального восходящего потока происходит оседание взвешенных веществ. В осадок выпадают взвешенные вещества, имеющие большую гидравлическую характеристику, чем скорость восходящего потока сточной воды. Частицы с гидравлической характеристикой, отвечающей восходящей скорости сточной воды, находясь во взвешенном состоянии, агломерируются с другими. При этом их гидравлическая характеристика возрастает и они также со временем оседают. Частицы с меньшей гидравлической характеристикой, чем скорость восходящего потока, выносятся из отстойника.

Вертикальные отстойники применяют чаще всего на станциях мощностью до $20\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$; иногда — до $50\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Недостатком вертикальных отстойников является то, что при значительной их глубине (7—9 м) и ограниченном диаметре строительная стоимость сооружений высокая.

Радиальные отстойники являются разновидностью горизонтальных. Это круглые неглубокие резервуары диаметром от 18 до 54 м. Например, первичные и вторичные радиальные отстойники на Бортничской станции аэрации г. Киева имеют диаметр 40 м. Радиальные отстойники предусматривают на очистных канализационных станциях мощностью свыше 20 00 м³/сут. Компонуют сооружения обычно в блоки из четырех отстойников. Сточная вода в радиальном отстойнике движется от центра к периферии. Она подается в сооружение по центральной трубе. Осветленная вода сливается в круговой желоб, откуда отводится по трубам или лоткам. Удаляется осветленная сточная вода с отстойника вниз или вверх.

Осадок, выпавший на дно отстойника, собирается к центру сооружения скребками, укрепленными на ферме, которая постоянно движется по моно-рельсу, установленному по периметру сооружения, и попадает в иловый приямок в центре отстойника. Из илового приямка осадок под давлением сточной воды высотой 1,5 м удаляется по трубам к иловому колодцу или всасывается при помощи плунжерных насосов.

Радиальные отстойники можно рассчитывать, как и горизонтальные, по гидравлической нагрузке, равной 1,5—3,5 м³ сточной воды в 1 ч на 1 м² поверхности сооружения. Продолжительность отстаивания в зависимости от способа биологической очистки колеблется от 0,5 до 1,5 ч. Влажность выгружаемого осадка, равная 95% при самотечном удалении и 93% — при удалении насосами.

Недостатком радиальных отстойников является то, что при поступлении в них в течение суток сточной воды различной плотности (в зависимости от ее температуры, концентрации взвешенных веществ и пр.) образуются вихревые течения как по глубине, так и на поверхности сооружения, что ухудшает условия отстаивания.

Остаточные количества взвешенных веществ в сточной воде, которые отводятся из первичных отстойников на сооружения биологической очистки, не должны превышать 150 мг/л. Нарушение этих условий может привести к повышению продолжительности аэрации сточной воды и затрат воздуха в аэротенках, либо к заиливанию биологических фильтров.

На практике расчетная эффективность первичных отстойников не превышает 60%, а эффективность осветления в них сточной воды составляет обычно 30—50%. Повысить эффективность работы первичных отстойников можно за счет устройства перед ними преаэраторов, благодаря которым их эффективность возрастет на 5—8%. В преаэраторах сточная вода продувается воздухом, вследствие чего происходит флокуляция коллоидных частиц, что способствует их более плотному оседанию в отстойниках. Однако во время движения сточной воды из преаэратора до отстойника часть хлопьев разрушается.

Кроме того, можно использовать вертикальные отстойники со встроенными преаэраторами — биокоагуляторами. В них, кроме воздуха, подается активный ил или биопленка из вторичных отстойников. Этот процесс называется

биокоагуляцией. Благодаря биокоагуляции происходит адсорбция хлопьями активного ила взвешенных тонкодисперсных частиц и коллоидов и частичное окисление адсорбированных веществ. Эффективность осветления сточной воды в первичных отстойниках при таких условиях отстаивания возрастает до 65—75%. Благодаря биокоагуляции в сточной воде снижается на 25—35% БПК и содержание тяжелых металлов.

Тонкослойные отстойники имеют водоразделительную, отстойную, водосборную и иловую зоны. Зона отстаивания разделена полками или трубами. Отстаивание сточной воды происходит между полками высотой до 15 см. Высота тонкослойного пространства составляет 1—2 м. Скорость движения потока в полочных элементах равна 5—10 мм/с, а в трубчатых — до 20 мм/с. Изготавливают тонкослойные блоки из пластмассы, стали или алюминия. Они имеют угол наклона 45—60°. В тонкослойных отстойниках разных конструкций возможны следующие схемы движения сточной воды и осадка: 1) перекрестная, когда осадок движется перпендикулярно направлению потока сточной воды; 2) противопоточная, когда осадок удаляется в направлении, противоположном движению потока; 3) прямоточная, когда направление удаления осадка и движения потока сточной воды совпадают.

Самые эффективные тонкослойные отстойники с противопоточной схемой движения фаз — воды и осадка. Осадок "сползает" к иловому приямку, откуда он периодически удаляется. Вещества, которые всплывают, собираются в пазухи между секциями и удаляются лотком.

Тонкослойные отстойники применяют для осветления сточных вод, содержащих взвешенные вещества однородного состава в относительно незначительных концентрациях. Иногда их используют для второй ступени механической очистки сточных вод.

Двухъярусные (эмшеровские) отстойники (колодцы Имгофа) — отстойники со сбраживанием осадка. Их применяют для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод при мощности канализационных станций до 10 000 м³/сут. Это цилиндрической формы сооружение с коническим дном. В верхней части сооружения (рис. 40) расположены осадочные желоба со щелью в нижней части по всей длине. Желоба фактически исполняют функцию горизонтального отстойника. По ним движется сточная вода и происходит осаждение взвешенных веществ, которые через щель попадают в нижнюю часть отстойника — иловую (гнилостную или септическую) камеру. Сточная вода попадает в осадочный желоб и отводится из него, как в горизонтальном отстойнике, при помощи водосливных лотков и полупогружных досок. Глубина желоба должна составлять 1,2—2,5 м. При большей глубине невозможно достичь равномерного распределения сточной воды по всему сечению желоба. Наклон стенок нижней (конической) части осадочного желоба должен составлять 50—60° к горизонту. Количество желобов зависит от размеров отстойника. В небольших отстойниках (диаметром до 5 м) устраивают один желоб, а в отстойниках больших размеров — два, но с таким расчетом, чтобы площадь свободного (не занятого желобами) пространства в отстойнике составляла не менее 20% общей площади отстойника в плане.

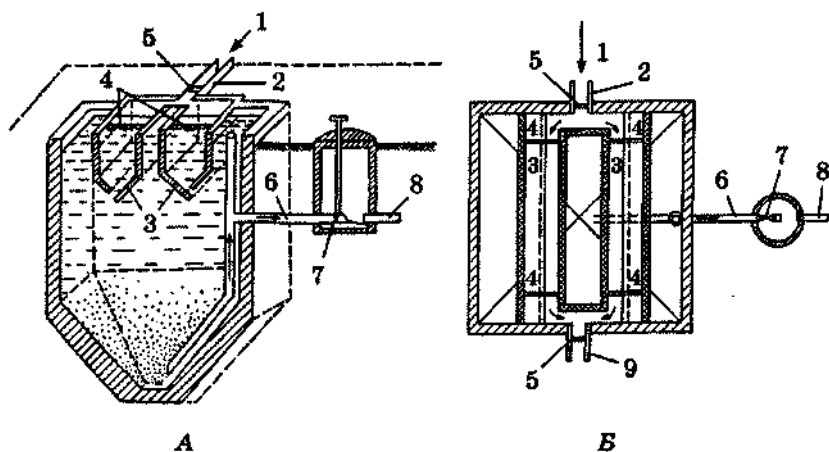


Рис. 40. Схема двухъярусного отстойника (эмшеровского):

А — разрез; Б — план; 1 — поступление сточной воды с подводного лотка; 2 — подводной лоток; 3 — осадочный желоб; 4 — полупогружная или плавающая перегородка; 5 — задвижка для сточных вод; 6 — труба для отведения осадка (ила); 7 — задвижка для осадка; 8 — выгрузка осадка; 9 — лоток для отведения сточной воды

Скорость движения сточной воды в желобе должна составлять не более 7 мм/с (оптимально 4—5 мм/с). Щель в желобе устроена так, что нижние его границы перекрывают одна другую на 0,15 м. Между щелью и поверхностью осадка сохраняется 0,5 м нейтрального слоя. Это дает возможность предупредить загрязнение осветленной в желобе воды продуктами гниения, выделяемыми во время сбраживания осадка. Газы, образуемые во время сбраживания осадка, выделяются в атмосферный воздух через свободное (не занятое желобами) пространство в отстойнике. Поднимающиеся с пузырьками воздуха частицы ила образуют нестойкую корку.

Преимущество двухъярусного отстойника в том, что сбраживание в нем осадка происходит без выделения газов, которые неприятно пахнут, с образованием более благоприятных продуктов. Осадок, выпавший в иловую камеру, сначала сбраживается под влиянием анаэробных бактерий, расщепляющих сложные органические вещества (углеводы, жиры, белки) до кислот жирного ряда. Затем на последующей стадии процесса сбраживания реакция среды меняется в сторону щелочной (рН 7—8), и уже другие бактерии разрушают органические вещества до конечных, более простых продуктов: метана, углекислоты и частично сероводорода. Температура в отстойнике поддерживается природным путем в пределах 10—15 °С, поэтому перегнивание осадка в иловой камере отстойника длится долго, до полугода (60—180 сут). Для такого длительного пребывания осадка в иловой камере последняя должна быть сконструирована большего размера. Продолжительность пребывания осадка в иловой камере, а следовательно, и ее объем, должны зависеть от средней зимней температуры сточных вод, то есть от климатического пояса (табл. 18).

Объем септической (иловой) камеры в двухъярусных отстойниках

Продолжительность перегнивания и объем септической камеры	Средняя зимняя температура сточных вод, °С						
	6	7	8,5	10	12	15	20
Продолжительность перегнивания, сут	210	180	150	120	90	60	30
Объем септической камеры, 1 л на одного жителя	ПО	95	80	65	50	30	15

При правильной эксплуатации двухъярусного отстойника распад органических веществ в осадке сточных вод происходит по типу щелочного метанового брожения. Для этого сначала в иловой камере отстойника накапливается ил. Затем ему дают возможность перейти в стадию щелочного брожения, причем иловая вода над осадком также должна иметь такую же реакцию. В пусковой период в отстойник можно также вносить созревший ил с уже работающих отстойников, благодаря чему иловое пространство заражается надлежащей микрофлорой. Подготовленный таким образом отстойник переводят в рабочий режим. Незначительное, по сравнению с массой осадка в иловой камере, количество свежего осадка, попадающее ежедневно через щель желобов в среду с постоянной щелочной реакцией, подвергается влиянию микрофлоры, осуществляющей метановое брожение.

Перегнивший осадок удаляется из иловой камеры по трубе диаметром 200 мм благодаря гидростатическому давлению столба жидкости 1,5—1,8 м. Работа отстойника при этом не нарушается. Чтобы предотвратить кислое брожение с его отрицательными свойствами и не нарушить метановое брожение, осадок из отстойника удаляют не сразу, а незначительными порциями через каждые 10 сут.

Сброженный осадок, удаляемый из двухъярусного отстойника, не обладает неприятным запахом, имеет темный цвет из-за связывания сероводорода железом (FeS), легко отдает воду и быстро подсыхает.

Иногда на двухъярусном отстойнике устанавливают оборудование для сбора метана и используют газ в качестве топлива.

Осветлитель-перегниватель — разновидность двухъярусных отстойников. Это комбинированные сооружения, предназначенные для осветления бытовых и производственных сточных вод и сбраживания осадка, выпавшего из сточных вод, в специально выделенном объеме — перегнивателе. В состав сооружения входит осветлитель с природной аэрацией, концентрично расположенный вокруг перегнивателя.

Сточная вода (рис. 41) при помощи лотка 1 попадает в центральную трубу 6, в конце которой установлен отражательный щит. Давление воды (0,6 м) образуется за счет разницы между отметками уровня воды на входе в трубу и осветлителе. Оно обеспечивает скорость продвижения сточной воды по трубе 0,5—0,7 м/с, которая необходима для засасывания воздуха из атмосферы. Затем водовоздушная смесь из центральной трубы 6 движется в камеру флокуляции Р. Там она находится в течение 20 мин, потом направляется в отстойную

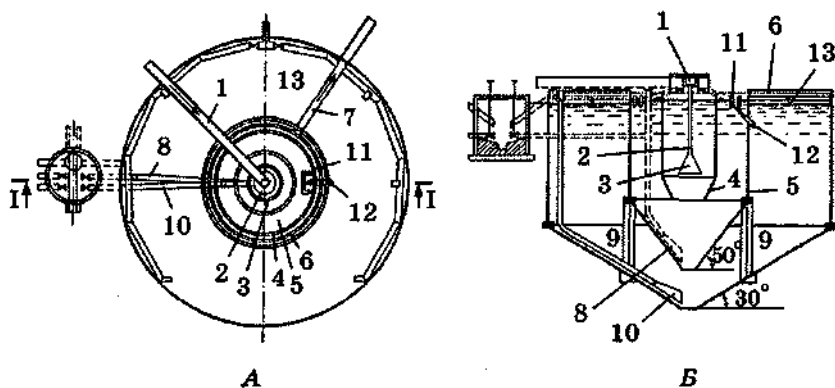


Рис. 41. Осветлитель-перегниватель:

А — план; Б — разрез; / — лоток для подачи сточной воды; 2 — центральная труба; 3 — отражательный щит; 4 — камера флокуляции; 5 — отстойная зона; 6 — периферический лоток; 7 — труба для отведения сточной воды; 8 — труба для отведения осадка; 9 — перегниватель; 10 — отведение осадка; 11 — сборный карман; 12 — отведение всплывших на поверхность веществ; 13 — перекачивание осадка в камеру перегнивателя

камеру 7, проходя образовавшийся взвешенный слой. Продолжительность пребывания воды в отстойной камере — не менее 70 мин. Осветленная сточная вода собирается периферийным лотком и отводится на биологическую очистку.

Осадок, выпавший на дно осветлителя, при помощи трубы 10 направляется в приемный резервуар насосной станции, откуда при помощи насоса по напорному водоводу подается в верхнюю зону перегнивателя. Там этот осадок сбраживается. Примеси, всплывшие на поверхность осветлителя, также направляются в камеру перегнивателя. Для предотвращения образования корки в иловой камере осадок периодически перемешивается. Осветлитель-перегниватель обеспечивает более высокий эффект осветления сточных вод, чем двухъярусный отстойник, а сбраживание осадка в сооружении происходит интенсивнее.

Септики — отстойники со сбраживанием осадка. Их используют в канализационных системах с местными очистными сооружениями малой канализации. Чаще всего в этих условиях для биологической очистки сточных вод применяют различные сооружения подземной фильтрации (см. с. 307), поэтому указанные канализационные системы называют системами с подземной фильтрацией сточных вод; с учетом основного очистного сооружения их разделяют на системы: с площадками подземной фильтрации; фильтрующими колодцами; фильтрующими траншеями и пр. В указанных канализационных системах с подземной фильтрацией сточных вод обязательно должен быть септик (рис. 42). Он предназначен для предварительной обработки сточных вод перед их поступлением в фильтрующий слой почвы. В септике преимущественно механически очищаются сточные воды, то есть удаляются из них в осадок нерастворимые органические примеси и коллоидные частицы илового осадка. Кроме того, в септике происходят полная дегельминтизация сточных вод, разрушение значительной части растворенных органических веществ, гибнет

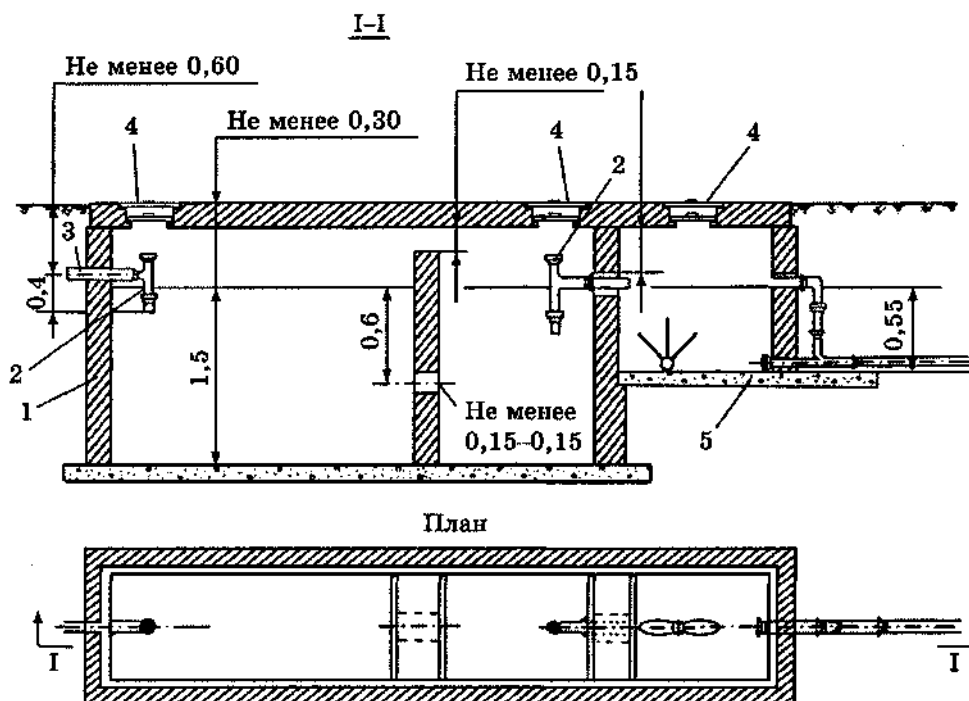


Рис. 42. Двухкамерный септик в разрезе

патогенная микрофлора. Поэтому септик нужно рассматривать не только как сооружение для механической очистки сточных вод, но и такое, в котором происходят сложные биохимические процессы.

Требования к устройству септиков изложены в СНиП 2.04.03-85. Сокращенно они состоят в следующем: расстояние от поверхности земли до дна септика не должно превышать 3,2 м, поскольку из этой максимальной глубины возможно всасывание осадка насосом ассенизационной машины, которую используют для чистки септика.

Септики могут быть одно-, двух- и трехкамерными. В двухкамерном септике объем первой камеры должен составлять 0,75 от общего объема, второй — 0,25. В трехкамерных септиках объем первой камеры — 0,5, второй и третьей — по 0,25. Однокамерные септики устраивают при отведении от объекта канализации до 1 м³ сточных вод в сутки, двухкамерные — от 1 до 10 и трехкамерные — от 10 до 25 м³/сут. В септиках из железобетонных элементов — железобетонных колец — все камеры имеют одинаковый объем.

Для достижения надлежащего эффекта механической очистки сточные воды должны передвигаться в септике очень медленно и находиться в сооружении в течение 2,5—3 сут. Именно поэтому размеры септика должны быть такими, чтобы при поступлении на очистные сооружения до 5 м³ сточных вод в сутки полезная емкость его равнялась трехкратному притоку сточных вод; при поступлении свыше 5 м³/сут — 2,5-кратному притоку. Например, нужно

определить объем септика для канализации объекта с количеством образующихся сточных вод $3 \text{ м}^3/\text{сут}$. Тогда полезный объем септика будет составлять: $3 \text{ м}^3/\text{сут} \times 3 \text{ сут} = 9 \text{ м}^3$. Причем септик должен быть двухкамерным, так как количество образующихся ежедневно сточных вод превышает 1 м^3 , но не более 10 м^3 .

Минимальные размеры септика: глубина (от уровня воды) — $1,3 \text{ м}$; ширина — $0,75 \text{ м}$; длина — 1 м . Эти размеры дают возможность работать внутри септика как во время его устройства, так и текущего ремонта в процессе эксплуатации. Что же касается основных оптимальных размеров септика, то его длина должна быть в 2—3 раза больше ширины. В больших септиках уровень сточных вод должен быть не менее $1,2$ и не более $1,7$. Свободное пространство между расчетным уровнем сточной воды в септике и его перекрытием должно быть не менее $0,35 \text{ м}$.

В перекрытии септика обязательно устраивают смотровые люки. Если септик однокамерный, то необходимо 2 люка. Их размещают над тройниками, через один из которых сточная вода подается в септик, а через другой — отводится из него уже осветленной. В двух- и трехкамерных септиках люки устраивают над каждой камерой опять-таки над тройниками. Через смотровые люки ежегодно очищают септик от осадка, проводят текущий ремонт. Минимальные размеры люка составляют $50 \times 50 \text{ см}$ для квадратных и диаметром 61 см — для круглых.

Вентилируют септик через стояк внутренней канализации здания, выведенный над крышей на $0,7 \text{ м}$. В связи с этим труба, по которой сточные воды подают в септик, должна быть размещена на 5 см выше уровня сточной воды в септике. В перегородках, разделяющих многокамерный септик, делают два ряда отверстий. Верхний ряд отверстий диаметром 15 см обеспечивает продвижение между камерами воздушных масс. Нижние края этих отверстий должны быть не ниже $0,2 \text{ м}$ над уровнем сточной воды в септике. Общая площадь таких отверстий должна вдвое превышать площадь сечения вытяжного стояка. Газы, выделяющиеся в септике, попадают сначала в воздушное пространство (между перекрытием септика и уровнем сточной воды) септика, а оттуда по вытяжному стояку внутридомовой канализации — в атмосферу.

Сточная вода поступает в септик в толщу воды через тройник. Этим предотвращается взмутнение сточной воды и достигается равномерное ее распределение по всему рабочему сечению. Выводится осветленная сточная вода через тройник с противоположной стороны сооружения. Верхние отверстия тройников для удобства очистки оставляют открытыми. Для обеспечения вытяжной вентиляции они должны выступать над уровнем сточной воды в септике на $0,15 \text{ м}$. От внутренней поверхности перекрытия септика тройники размещают на расстоянии $0,025\text{—}0,05 \text{ м}$, в воду они должны быть погружены на $0,3\text{—}0,4 \text{ м}$.

Для передвижения сточной воды из одной камеры в другую в перегородках многокамерных септиков делают нижний ряд отверстий: прямоугольных размером $0,15 \times 0,15 \text{ м}$ или круглых диаметром $0,15 \text{ м}$. Ряд отверстий делают на расстоянии $0,4 \text{ Н}$ от уровня сточной воды в септике (Н — глубина рабочей

камеры). Расстояние между отверстиями должно быть не менее 0,25 м. Обычно в ряду имеется 3—4 таких отверстия.

В септике, кроме механической очистки сточных вод от взвешенных веществ, происходят сложные биохимические процессы распада не только осадка, но и растворенных и коллоидных органических компонентов сточной воды. Сточная вода после отстаивания в септике (2,5—3 сут) направляется на соответствующие сооружения подземной фильтрации, а осадок остается в септике и находится там 0,5—1 год, иногда и дольше. Органическая часть осадка загнивает. В этот процесс вовлекается осадок, который снова выпал в септике, и сточная вода, проходящая через него.

Процесс гниения в септике развивается благодаря жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов, то есть микроорганизмов, живущих без кислорода воздуха. Основные компоненты сырого осадка — углеводы, жироподобные и белковые вещества — составляют 80—85%. Остальные 15—20% представлены лигнино-гумусным комплексом. Углеводы в осадке представлены полисахаридами, геми- и а-целлюлозой. Органические вещества при сбраживании распадаются, образуя жирные кислоты, метан, углекислоту, водород, спирты, оксид углерода и воду. Органические вещества, содержащие азот, распадаясь, образуют аммиак и свободный углерод, а содержащие серу, — сероводород.

Процесс распада органических веществ в септике осуществляется в две фазы. В первую фазу (фазу кислого брожения) распадаются азотсодержащие органические соединения, образуя в конечном счете аммонийный азот и жирные кислоты (уксусную, масляную и др.). Кроме того, в эту фазу выделяются газообразные вещества с очень неприятным запахом — индол, скатол, меркаптан и пр. Вторая фаза (фаза щелочного, или метанового, брожения) характеризуется дальнейшим распадом жирных кислот до метана, углекислоты и воды. Нормальная жизнедеятельность микроорганизмов в эту фазу происходит при нейтральной или слабощелочной реакции.

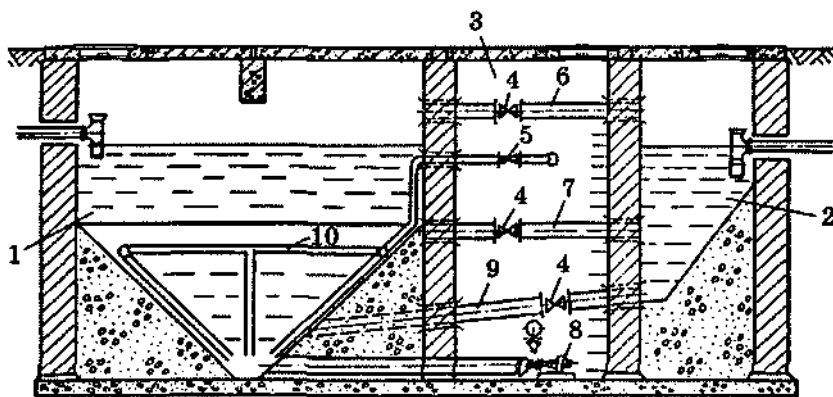
Таким образом, в септике в анаэробных благоприятных условиях под влиянием гнилостных микроорганизмов и их ферментов разрушаются сложные органические вещества до таких соединений минерализации, как CO_2 , H_2O , NH_3 и др. Поэтому с санитарной точки зрения желательно, чтобы в септике в меру возможностей быстрее развивалась вторая фаза и чтобы она преобладала над первой. Для этого в только что построенное сооружение перед введением его в эксплуатацию вносят осадок из действующего септика или хорошо гумусированный грунт, а во время откачивания осадка из действующего септика оставляют в нем до 100 л осадка.

Важное значение имеет корка, образуемая на поверхности сточной воды в септике за счет взвешенных частиц с меньшей относительной плотностью, чем в сточной жидкости, а также осадка, легко поднимающегося вверх пузырьками газа, образующегося в процессе гниения осадка. Эта корка, словно "одеялом", покрывает сбраживаемую массу, препятствуя рассеиванию тепла (поступающая в септик сточная вода имеет повышенную температуру вследствие использования в быту теплой воды), и таким образом интенсифицирует биохимические процессы в септике.

Об эффективности работы септика свидетельствуют результаты исследований, проведенных Е.И. Гончаруком. Так, в септиках, оборудованных с соблюдением строительного-монтажных требований, при условии правильной эксплуатации, задерживается 80—95% взвешенных веществ, 100% жизнеспособных яиц гельминтов; перманганатная окисляемость снижается на 30—40%; на 20—40% повышается содержание NH_3 ; на 60—80% уменьшается количество сапрофитных микроорганизмов (микробное число и коли-индекс). Сточная вода, выходящая из септика, имеет молочно-зеленый оттенок, легкую опалесценцию, прозрачность 5 см, содержит не более 10—15 мг/дм³ взвешенных веществ. В ней нет плавающих примесей, заметных невооруженным глазом.

Осадок удаляют из септика ассенизационной машиной 1 раз в полгода или в год. За это время толщина осадка и корки заметно увеличивается. Пространство, по которому передвигается сточная вода в сооружении, уменьшается. Скорость движения сточной жидкости повышается, и она находится в сооружении уже не 2,5—3 сут, а значительно меньше. Вследствие этого эффективность работы септика снижается. Так, если септик работает без очистки 1,5 года, то эффективность удаления яиц гельминтов из сточной жидкости снижается практически до нуля. А уже через два года эксплуатации септика сточные воды, проходя через него, вымывают из осадка яйца гельминтов, в результате чего выходящая жидкость содержит яиц гельминтов больше, чем поступающая на очистку. Осадок удаляют из септика на подземные иловые площадки в случаях, когда очищают сточные воды от жилых и общественных зданий, больниц (без инфекционного отделения). Сточные воды инфекционного отделения (больницы) должны находиться в септике не менее 5 сут, а осадок должен быть обезврежен термическим способом.

Для механической очистки сточных вод инфекционных больниц, в том числе туберкулезных, целесообразно использовать септик-дегельминтизатор (рис. 43). От обычного трехкамерного септика он отличается тем, что механи-



Мал. 43. Септик-дегельминтизатор:

1, 2 — рабочие камеры; 3 — колодец для регулирования задвижками; 4 — задвижки; 5 — вентиль; 6 — труба для передвижения газов; 7 — соединяющая труба для передвижения сточной воды из 1-й камеры во 2-ю; 8 — насос; 9 — труба для передвижения осадка из 2-й камеры в 1-ю; 10 — кольцевой паропровод

ческая очистка и сбраживание осадка происходит в 1-й и 3-й камерах. Сточная жидкость, осадок и газы передвигаются между этими камерами по трубам. Вторая камера имеет вид смотрового колодца с трубами и задвижками, которыми регулируют передвижение сточной жидкости из 1-й камеры в 3-ю, осадка и газов — из 3-й камеры в 1-ю. В 1-ю камеру в толщу осадка подают водяной пар из прачечной или котельной, обслуживающих лечебное учреждение, благодаря чему повышается температура осадка, фактически создаются температурные условия пастеризации, в результате чего ускоряется гибель яиц гельминтов, патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Осадок из 3-й камеры соответствующей трубой перекачивается в 1-ю и также обезвреживается. Таким образом в септике-дегельминтизаторе происходит глубокое обезвреживание и обеззараживание осадка. Такой осадок не нужно подвергать термической деструкции, его удаляют на подземные иловые площадки.

Обезвреживание осадка бытовых сточных вод. Во время работы очистных канализационных станций осадок образуется в значительных количествах. Осадок сточных вод задерживается на решетках, в первичных и вторичных отстойниках. На решетках задерживаются также твердые отходы. После измельчения в специальных устройствах (измельчителях) эти отходы в виде пульпы сбрасываются в канал после решеток, где выпадают в осадок в первичных отстойниках. Во вторичных отстойниках оседает активный ил, выносимый из аэротенков, отмершая биологическая пленка, вымываемая из биологических фильтров. Избыточный активный ил или биологическую пленку, из вторичных отстойников перекачивают в сооружения для обработки осадка. Сырой осадок имеет неприятный гнилостный запах. Он опасен в эпидемическом отношении, так как содержит большое количество яиц гельминтов, энтеропатогенных бактерий и вирусов. Кроме того, сырой осадок долго высыхает. Вместе с тем, органический осадок, обработанный в специальных перегнивательных камерах, теряет гнилостный запах, отдает влагу во время высушивания, а соединения азота, фосфора и калия, содержащиеся в осадке, хорошо усваиваются растениями, когда его используют в качестве удобрения. Кроме того, количество осадка уменьшается, так как часть органических веществ, минерализуясь, переходит в растворенное и газообразное состояние.

Обезвреживание осадка бытовых сточных вод на современных очистных станциях происходит в специальных сооружениях — перегнивателях. Они обеспечивают устранение эпидемической и санитарной опасности, выделенной из сточных вод твердой фазы загрязнений, содержащих значительное количество влаги, органических веществ, в том числе легко зашиваемых микроорганизмов, в частности и патогенных, яиц гельминтов. Обезвреживают осадок сточных вод при помощи: 1) сооружений для уплотнения твердой фазы (уплотнителей ила); 2) сооружений для стабилизации осадка (метантенки); 3) сооружений для дегидратации (обезвоживания) осадка (вакуум-фильтры, фильтрпрессы, иловые наземные и подземные площадки; 4) сооружений для термического обезвреживания осадка; 5) установок для дегельминтизации; 6) путем компостирования (табл. 19).

Уплотнители и сгустители осадка перед обезвоживанием или сбраживанием применяют для повышения концентрации активного ила. Это уплотнители гравитационного типа (радиальные, вертикальные, горизонтальные), флотаторы и сгустители осадка. На уплотнители подаются избыточный активный ил после вторичных отстойников, а также сырой осадок. При проектировании радиальных и горизонтальных илоуплотнителей следует предусматривать выпуск уплотненного осадка под гидростатическим давлением не менее 1 м. Илоуплотнители должны быть оборудованы илососами или илоскребками для удаления осадка. Иловую воду после илоуплотнителей подают в аэротенки. Технологической схемой должно быть предусмотрено устройство не менее двух уплотнителей, причем оба рабочих.

Данные для расчета гравитационных уплотнителей ила приведены в табл. 20.

ТАБЛИЦА 19

Классификация методов обезвреживания осадка сточных вод

Методы обезвреживания			
Уплотнение	Стабилизация	Обезвоживание (дегидратация)	
		Механическое	Термическое
Уплотнители	Метантенки Двухъярусные отстойники Септики	Центрифугирование Фильтрпрессование Вакуум-фильтрация Наземные и подземные иловые площадки	Термическое высушивание Компостирование Сжигание

ТАБЛИЦА 20

**Данные для расчета гравитационных илоуплотнителей
(СНиП 2.04.03-85)**

Характеристика избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила		Продолжительность уплотнения		Скорость движения жидкости в отстойной зоне вертикального илоуплотни- теля, мм/с
	Уплотнитель				
	Верти- кальный	Радиаль- ный	Верти- кальный	Радиаль- ный	
Иловая смесь из аэротен- ков с концентрацией 1,5—3 г/л	—	97,3	—	5—8	—
Активный ил из вторич- ных отстойников с кон- центрацией 4 г/л	98	97,3	10—12	9—11	Не более 0,1
Активный ил из зоны от- стаивания аэротенков- отстойников с концент- рацией 4,5—6,5 г/л	98	97	16	12—15	То же

Примечание. Продолжительность уплотнения избыточного ила промышленных сточных вод может быть изменена в зависимости от его свойств.

В выборе методов стабилизации, обезвоживания и обезвреживания осадка следует учитывать местные условия (климатические, гидрогеологические, градостроительные, агротехнические и пр.), а также физико-химические и теплофизические характеристики осадка, их способность к водоотдаче.

На очистных канализационных станциях или мусороперерабатывающих заводах может осуществляться совместная обработка обезвоженного осадка и твердых бытовых отходов. После обезвоживания осадок городских и близких к ним по составу промышленных сточных вод при соответствующем научном обосновании можно использовать как органоминеральные удобрения.

Метантенки — закрытые цилиндрические железобетонные резервуары с куполообразным герметическим перекрытием и коническим днищем, предназначенные для сбраживания осадка. Их устраивают на очистных канализационных станциях мощностью свыше 10 000 м³/сут.

Объем метантенков в зависимости от мощности станции может достигать до нескольких тысяч кубических метров.

В верхней части куполообразного перекрытия устанавливают колпак для сбора газа, образуемого во время сбраживания осадка, и отведения в газовую сеть или непосредственно для использования. Поскольку газ поступает в сооружения неравномерно, на тупиковых концах такой сети целесообразно устраивать газгольдеры, которые выравнивают давление газа в сети. Для ускорения процессов сбраживания осадок подогревают "острым" паром (100—110 °С). Его подают во всасывающую трубу насоса при поступлении и перемешивании осадка или непосредственно в метантенк при помощи энсектирующих устройств. Пар смешивается с осадком, конденсируется и нагревает его до температуры 70—80 °С. Благодаря такой температуре происходит полная дегельминтизация и отмирание патогенной микрофлоры. Обезвреживание осадка в метантенке при высокой температуре среды происходит быстрее и эффективнее, чем в иловой камере двухъярусного отстойника. Это, несомненно, является гигиеническим преимуществом способа обеззараживания осадков сточных вод.

Обычно для сбраживания поступает смесь свежего осадка из первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила из вторичных отстойников. Допускается подача в метантенки и других органических веществ, которые подлежат сбраживанию. Это измельченные отходы, снимаемые с решеток, бытовой мусор, промышленные отходы органического происхождения и пр.

В норме в метантенках, где процесс мезофильного сбраживания происходит при температуре 33 °С или термофильного — при температуре 53 °С выделяется газ, содержащий 62—64% метана, 32—34% — углекислого газа, почти 4% водорода, кислорода и азота (вместе взятых). Исследованиями установлено, что в метантенках органические вещества распадаются в среднем на 40%. Наибольшему распаду подлежат жироподобные вещества и углеводы. Удаляется сброженный осадок из метантенка и поступает в него свежая смесь осадка сточных вод с избыточным активным илом при помощи специальных трубопроводов.

Биологическая пленка из отстойников после биологических фильтров, а также избыточный активный ил из вторичных отстойников после аэротенков может

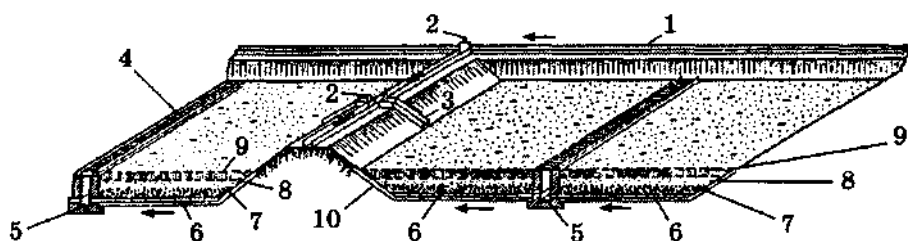


Рис. 44. Иловые площадки (схема):

1 — канал для подведения ила; 2 — шиберы, регулирующие напуск ила; 3 — лотки для выпуска ила; 4 — узкоколейка для вагонеток; 5 — кирпичный канал для сбора дренажной воды; 6 — трубчатый дренаж; 7 — слой щебня; 8 — слой песка; 9 — слой ила; 10 — основа иловой площадки из жирной глины

подаваться непосредственно в метантенки или первичные отстойники, а уже оттуда — в метантенки.

Иловые площадки. Осадок сточных вод, а также смесь осадка сточных вод и избыточного активного ила, выгружаемые из метантенков, двухъярусных отстойников, других сооружений, имеют высокую влажность. В частности, влажность осадка из метантенков — 96—97%, из двухъярусных отстойников — до 90%. Для дальнейшего использования его нужно высушивать. Для этого существуют разные способы, но чаще всего осадок высушивают на иловых площадках (рис. 44). После пребывания на иловых площадках влажность осадка снижается до 75%, в результате чего его объем уменьшается в 3—8 раз.

Для высушивания осадка используют иловые площадки на природной основе (без дренажа и с дренажом), на искусственной асфальтобетонной с дренажом, каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды, площадки-уплотнители.

Требования к проектированию и устройству иловых площадок определены СНиП 2.04.03-85. Их строят на хорошо спланированных участках земли (картах). Площадки на природной основе допускается проектировать при условии залегания грунтовых вод на глубине не менее 1,5 м от поверхности карт и когда исключается опасность загрязнения грунтовых вод. В других вариантах дно иловых площадок делают непроницаемым. На дно укладывают дренажные трубы и материал для фильтрования разной величины высотой 30—50 см.

Со всех сторон такие карты ограждают земляными валиками, на 0,3 м выше рабочего уровня. Рабочая глубина карт составляет 0,7—1 м. Осадок наливают на карты периодически слоями 0,2—0,25 м. Благодаря дренированию ил быстро подсыхает. Дренажная вода от сброженного ила не требует очистки. Ее можно отвести непосредственно в водоем или на хлорирование вместе с общим потоком очищенной сточной воды. В то же время дренажная вода от свежего ила может загнить, очень загрязнена и поэтому обязательно должна быть возвращена на сооружения для биологической очистки.

При пребывании на картах иловых площадок осадок теряет влагу за счет испарения (частично фильтрации) влаги через почву. В холодное время года 80% площади иловых площадок используют для намораживания осадка.

Остальные 20% предназначены для использования в период весеннего его таяния. Ил на намораживание наслаивается на 0,1 м меньше высоты ограждающих валиков. Количество намороженного осадка не должно превышать 75% объема, от выпущенного на площадки, за весь период его намораживания.

Осадок после иловых площадок теряет отрицательное эпидемиологическое значение и приобретает положительные агротехнические свойства как удобрение для сельскохозяйственных культур. Высушенный до 75% осадок погружают в транспортные средства и вывозят в места использования. Санитарно-гигиенические и агроэкологические требования к осадку сточных вод, который рекомендуется в качестве удобрений, определены "Технологическими и агроэкологическими нормативами использования осадков сточных вод городских очистных сооружений в сельском хозяйстве" (КНД 33-3.3-02-99). Нормативный документ разработан с нашим участием опытной станцией утилизации сточных вод Института гидротехники и мелиорации и Института агроэкологии и биотехнологии Украинской академии аграрных наук.

Биологическая (вторичная) очистка предназначена для освобождения жидкой фазы сточных вод, преимущественно бытовых, от органических веществ, находящихся в виде тонких суспензий, коллоидов в растворе, путем биохимических окислительно-восстановительных процессов, осуществляемых аэробными микроорганизмами (бактерии, грибы, водоросли, актиномицеты, простейшие) в специальном комплексе очистных канализационных сооружений. Методы и сооружения для биологической очистки сточных вод делятся на две группы (табл. 21). К первой группе относятся методы биологической очистки, воспроизводящие процессы самоочищения в почве. Очистные сооружения, в которых воспроизводятся процессы самоочищения в почве, делят, в свою очередь, также на две группы. К первой группе отнесены сооружения, в которых биологическая очистка протекает в природном слое почвы. Это — большие и малые поля орошения, поля фильтрации, площадки подземной фильтрации, фильтрующие колодцы, фильтрующие траншеи с естественным фильтрующим слоем почвы. Вторую группу составляют сооружения, в которых биологическая очистка протекает в искусственно созданном слое загрузки,

ТАБЛИЦА 21
Классификация методов и сооружений для биологической (вторичной) очистки сточных вод

Методы и сооружения			
Для моделирования процессов самоочищения в почве		Для моделирования процессов самоочищения в поверхностных водоемах	
Естественные	Искусственные	Естественные	Искусственные
Поля орошения, фильтрации, площадки подземной фильтрации, фильтрующие колодцы, траншеи	Биологические, песчано-гравийные фильтры, траншеи с искусственным фильтрующим слоем	Природные водоемы	Аэротенки; биологические пруды; малогабаритные установки на полное окисление и их прототипы (ЦОК; АРТ); (УКО-25; УКО-100; КУ-12; КУ-200; БИО-25; БИО-100); аэротенки-осветлители колонного типа; симбиотенки и т. п.

моделирующем почву (различные биологические, песчано-гравийные фильтры, траншеи с искусственным фильтрующим слоем). Вторую группу составляют методы и сооружения, воспроизводящие процессы самоочищения в водоемах, а именно: биологические пруды, аэротенки, малогабаритные установки на полное окисление — УКО-25; УКО-100; БИО-25; БИО-100; КУ-12; КУ-200 и их прототипы — ЦОК; АРТ; аэротенки-осветлители колонного и коридорного типов, симбиотенки и др.

В последнее время для очистки сточных вод малых населенных пунктов и отдельно расположенных объектов значительное распространение получили сооружения для анаэробно-аэробной очистки сточных вод. Преимуществами анаэробной *очистки, по мнению исследователей, являются:* а) низкое потребление электроэнергии (до 10% от энергопотребления при аэробной очистке); б) образование незначительного количества избыточного активного ила; в) достаточная стабильность образуемого избытка ила, не требующего дальнейшей обработки; г) возможность поддержания активности анаэробного ила длительное время, при температуре его хранения не ниже +15 °С; д) допустимость высоких нагрузок (до 30 кг ХПК/м³ в сутки при температуре 30 °С) в сравнении с 3 кг ХПК/м³ в сутки (при аэробной очистке).

Недостатком анаэробной очистки является то, что анаэробные бактерии развиваются медленнее аэробных, а это задерживает ввод биореакторов в эксплуатацию. Кроме того, бактерии метанового брожения чувствительны к различным ингибиторам.

Вместе с тем, в последние годы метод получил значительное распространение. Так, фирмой "Бионик" созданы биореакторы анаэробного и аэробного типов биологической очистки сточных вод, производительностью от 25 до 50 м³/сут. Биореакторы дают возможность получать очищенную сточную воду различного качества в зависимости от требований. Преимуществом такой технологии является то, что на первой стадии очистки происходит анаэробное окисление, не требующее в отличие от аэробного, значительных энергозатрат, и не сопровождающееся значительным увеличением количества активного ила. Технология очистки следующая: исходная сточная вода проходит предварительную механическую очистку от взвешенных веществ и песка. Затем осветленная сточная вода попадает в анаэробный биореактор, где освобождается от органических веществ микроорганизмами, иммобилизованными на волокнистой загрузке, "Вия". После анаэробного биореактора первой ступени вода подается в анаэробный реактор второй ступени. В нем сточные воды очищаются микроорганизмами, находящимися на волокнистой загрузке. Очищенная сточная вода из биореактора подается в песчаную фильтрующую траншею для аэробной доочистки.

Анаэробные биотехнологии используют для очистки сточных вод во всем мире. Только за последние 10 лет построены тысячи UASB-реакторов (Upflow Anaerobic Sludge Blancer reactor — реактор с восходящим потоком через слой анаэробного ила), не только очищающие сточные воды, но и генерирующие биогаз, который богат энергией. В частности, в Нидерландах компаниями "Râques" и "Biotan" их сооружено свыше 350.

В Англии, например, технологическая схема анаэробной очистки бытовых сточных вод имеет 2 анаэробных биореактора периодического действия, 2 секции аэротенков и биологический пруд. Продолжительность пребывания сточных вод в сооружениях по приведенной схеме составляет 10 ч. За это время ХПК сточных вод снижается с 490 до 20 мг O_2 /л, БПК_з — с 240 до 2,2 мг O_2 /л, содержание азота общего — с 45 до 4,5 мг/л, фосфора общего — с 9,4 до 3,4 мг/л.

В Украине значительное распространение получили установки "Bioclere" производства "Экофин". "Биоклер" производит в Польше совместное финско-польское предприятие "Ecofinn-Pol". Рассчитана установка на очистку бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод небольших поселков, мощность ее до 20 м³/сут. Технологическая схема "Биоклер" предусматривает механическую очистку сточных вод в септике, двухступенчатую биологическую очистку в биореакторе с пластмассовыми дисками (разного диаметра, большой удельной поверхностью), покрытыми биологической пленкой. Вместо пластмассовых дисков биореактор можно загружать также полипропиленовыми насадками. При необходимости технологической схемой предусматривают блок химической очистки.

В Украине, России, странах дальнего зарубежья в последние десятилетия для очистки сточных вод малых населенных пунктов широко применяют канализационные станции заводского изготовления. Они предусматривают ступенчатую очистку закрепленным биоценозом в сочетании с зависшими культурами активного ила. Технологии дают возможность очистить сточную воду не только от органических веществ, но и биогенных элементов, в частности азота, за счет процессов нитрификации-денитрификации, которые происходят в биопленке, фосфора — за счет увеличения биомассы, корректирования доз активного ила и т. д.

Одним из показателей степени освобождения сточных вод от органических веществ — является их *стабильность*, или *относительная стойкость*. Это выраженное в процентах количество кислорода, находящегося в сточной воде в растворенном и связанном состояниях, к количеству кислорода, необходимого для окисления органических веществ сточных вод. Относительная стойкость неочищенных сточных вод составляет лишь 11%, и такую сточную воду сбрасывать в водоемы недопустимо. Лишь при относительной стойкости не менее 99% (иногда 80%) сточные воды можно сбрасывать в водоемы. Каждый раз рассчитывают условия выпуска и величины

ПДС загрязняющих веществ сточных вод в конкретный водоем в соответствии с требованиями Правил. Относительная стойкость сточных вод связана со временем их загнивания (табл. 22). Так, при относительной стойкости 50% сточная вода загнивает уже на 3-й сутки.

ТАБЛИЦА 22
Скорость загнивания сточных вод в зависимости от их относительной стойкости при температуре 20 °С

Относительная стойкость, %	Характеристика сточной воды
100	Не загнивает
80	Загнивает на 7-е сутки
50	Загнивает на 3-й сутки
11	Сбрасывать в водоемы недопустимо

Эффективность процессов биологической очистки сточных вод в традиционных сооружениях зависит от многих факторов:

1) от нагрузки по органическому веществу на микроорганизмы и объем сооружения. Установлено, что микробная клетка приспособилась к активной жизнедеятельности в условиях, когда количество органических веществ в сточных водах находится в пределах 350—500 мг O_2 /л по БПК₅. При большем количестве органических веществ микробная клетка гибнет и процесс биохимической очистки тормозится. Минимальное количество органических веществ в сточных водах должно составлять не менее 90—100 мг O_2 /л по БПК₅;

2) от соотношения ХПК к БПК₂₀ сточной воды. Величина ХПК не должна превышать БПК₂₀ более чем в 1,5 раза;

3) наличия биогенных элементов в сточной воде. Их оптимальное соотношение (БПК₂₀ : аммонийный азот : фосфаты) должно составлять соответственно 100 : 5 : 1. Минимальное количество азота аммонийного — в пределах 15 мг/л, фосфатов — 3 мг/л;

4) количества минеральных солей в сточной воде. Минерализация сточных вод не должна превышать 10 г/л;

5) температуры водной среды, которая должна быть не ниже 7 °С и не выше 30 °С. Вне указанного интервала температур биохимические процессы прекращаются;

6) водородного показателя среды. рН сточных вод для эффективного течения биохимических процессов должна составлять 6,5—8,5;

7) наличия кислорода. На 1 м³ сточных вод необходимо подавать 25 м³ воздуха с содержанием кислорода не менее 2%. При коэффициенте использования кислорода, равном 0,5—1%, в иловой смеси зоны аэрации очистного сооружения (аэротенка) будет создана надлежащая концентрация растворенного в воде кислорода — на уровне 2—4 мг O_2 /л;

8) освещения. Процесс фотосинтеза сине-зеленых и других водорослей, входящих в состав активного ила, происходит тем лучше, чем ближе освещение к природному спектру;

9) содержания в сточных водах вредных химических веществ. Их содержание не должно превышать ПДК, особенно тех, ПДК которых установлена по общесанитарному или санитарно-токсикологическому лимитирующему признаку вредности. При одновременном присутствии в сточных водах химических веществ, обладающих эффектом суммации, сумма соотношений фактических концентраций веществ к их ПДК не должна превышать 1;

10) количественного и качественного состава активного ила. Минимальная концентрация активного ила в зоне аэрации сооружений биологической очистки (например, аэротенков) должна быть не менее 2 г/л.

Специальными исследованиями установлено, что в 1 м³ иловой смеси аэротенков содержится биоценоз микроорганизмов, общая поверхность которого равна 1800—2400 м², в таком же объеме воды из биологических прудов — 20 м², в 1 м³ речной воды летом — лишь 5 м².

Для сравнения рассчитаем суммарную поверхность бактериальных клеток в сточных водах. Человек в течение суток выделяет $4,48 \cdot 10^{12}$ микробных тел.

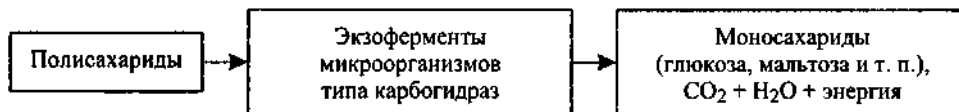
Масса одной бактериальной клетки составляет приблизительно $0,5 \cdot 10^{12}$ г. Поэтому от человека за сутки в сточные воды попадает около 2,24 г бактерий. В 1 г бактерий содержится $2 \cdot 10^{12}$ микробных тел. При норме водопотребления 200 л и попадании в этот объем воды $4,48 \cdot 10^{12}$ микробных тел, 1 л сточной воды будет содержать $2,24 \cdot 10^{10}$ бактериальных клеток, а 1 м³ — $2,24 \cdot 10^{13}$ бактерий. При диаметре бактериальной клетки, равном 2 мкм ($2 \cdot 10^{-3}$ мм), площади поверхности одной бактериальной клетки ($S = 47\pi^2$), равной $1,2 \cdot 10^{-5}$ мм², суммарная поверхность бактериальных тел, содержащихся в 1 м³ сточной жидкости, составит $2,24 \cdot 10^{13} \times 1,2 \cdot 10^{-5} = 2,7 \cdot 10^8$ мм² = 270 м².

Теоретические основы биологической очистки сточных вод. Главная цель биологической (или биохимической) очистки сточных вод состоит в освобождении их от органических веществ за счет аэробного окисления сапрофитными водными или почвенными микроорганизмами. Микроорганизмы не имеют специальных органов пищеварения, поэтому все питательные вещества проникают в клетку путем осмотического всасывания через мельчайшие поры клеточной оболочки. Для этого в процессе эволюции у микроорганизмов выработалась способность выделять в питательную среду гидролитические экзоферменты, которые готовят сложные органические вещества к усвоению их микробной клеткой. В этом процессе принимают участие экзо- и эндоферменты. Первые действуют вне клетки и принимают участие в подготовке питательных веществ к их поступлению в клетку и дальнейшему усвоению. Эндоферменты действуют внутри клетки и обеспечивают процессы ассимиляции и диссимиляции.

Ферменты по характеру действия подразделяются на: 1) протеазы, которые расщепляют белковую молекулу. Они выделяются многими гнилостными бактериями; 2) эстеразы (липазы), которые расщепляют жиры. Присутствуют у многих плесневых грибов и бактерий; 3) карбогидразы, которые расщепляют крахмал, полисахариды, молочный сахар. Выделяются молочнокислыми бактериями, кишечной палочкой и т. д.

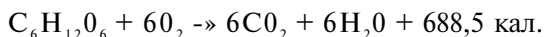
Процесс удаления органических веществ из сточных вод сверхсложный. При этом осуществляется одновременно минерализация органических веществ сточных вод и синтез нового органического вещества клеток микроорганизмов. Схематически его можно представить так.

Органические вещества животного и растительного происхождения попадают в сточную воду в виде углеводов, жиров и белков, а также продуктов их обмена. Углеводы (полисахариды) в аэробных условиях под действием экзоферментов типа карбогидраз расщепляются до моносахаридов (глюкозы, мальтозы и т. п.), углерода диоксида (CO₂) и воды (H₂O). При этом образуется энергия:



Незначительная часть моносахаридов используется для синтеза гликогена различных микробных клеток. Большая часть углеводов в процессе эндогенно-

го дыхания микробной клетки окисляется ("сжигается"). Например, эндогенное окисление глюкозы происходит по уравнению:

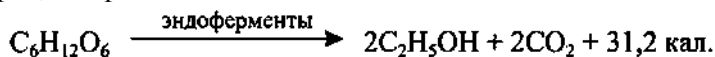


Окисление в аэробных условиях органических веществ, содержащих углерод, называется декарбонизацией сточной воды.

В анаэробных условиях биохимический процесс распада органических веществ более сложный. Общей цепочкой биохимических процессов аэробного и анаэробного распада органических веществ, содержащих углерод, является образование жирных кислот. В дальнейшем они распадаются до водорода, углекислоты, метана и других газов:

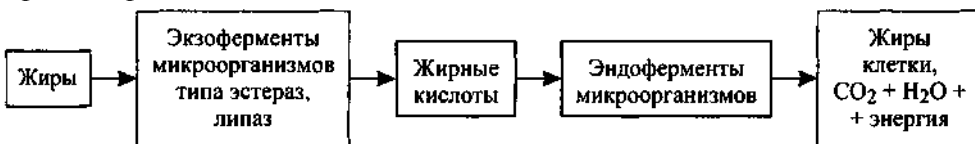


Дыхание анаэробов происходит без участия кислорода. Они получают необходимую энергию за счет химических превращений органических веществ в более простые соединения. При этом выделяется значительно меньше энергии, чем при кислородном дыхании. Примером анаэробного дыхания может служить процесс брожения глюкозы:



Биохимические анаэробные процессы используют в практике обезвреживания осадка сточных вод в метантенках и отстойниках со сбраживанием осадка (например, в септиках).

Жиры слишком медленно и мало поддаются биохимическим процессам распада. На очистных сооружениях канализации в аэробных условиях этот процесс протекает по схеме:

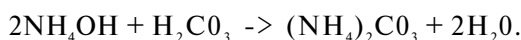
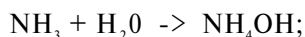
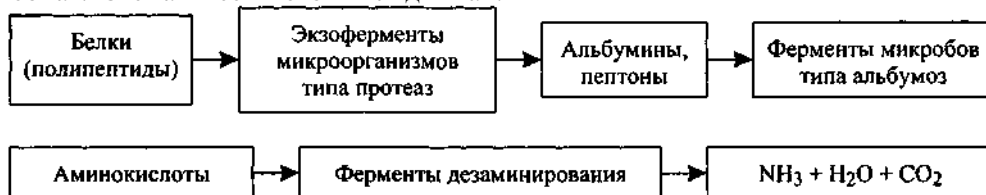


В анаэробных условиях жиры распадаются приблизительно по той же схеме, что и углеводы.

Одним из органогенов — элементов развития любого микроорганизма — является азот. Поэтому на практике большое значение приобретает биохимический распад белков. В аэробных условиях белковые молекулы под влиянием ферментов, выделяющихся микроорганизмами, расщепляются на более простые вещества. Этот распад происходит через альбумины и пептоны до аминокислот¹. Часть аминокислот используют в качестве пластического и энергетического

Много бактерий содержат фермент триптазу и непосредственно расщепляют белки на аминокислоты, минуя стадию пептона.

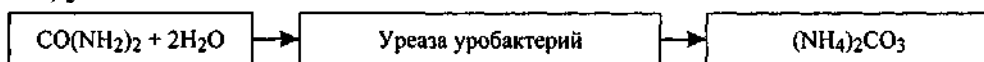
ческого материала микроорганизмы в процессе роста, которые являются составляющими активного ила, биологической пленки или органоминерального комплекса почвы. Часть аминокислот дезаминируется, образуя аммиак, воду и CO_2 . В анаэробных условиях аммиак растворяется в воде, образуя аммония гидроксид. Последний связывается угольной кислотой, образуя аммония карбонат. Схематически это выглядит так:



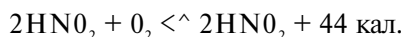
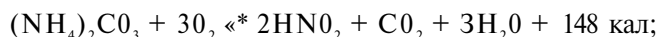
Из азота, использованного в качестве пластического материала для синтеза активного ила, биологической пленки или органоминерального комплекса почвы, в процессе биохимического окисления образуется также углекислый аммоний:



Азотсодержащие органические вещества попадают в сточную воду в виде не только белка, но и продуктов обмена веществ, в частности мочевины. Мочевина под влиянием уробактерий и их фермента уреазы гидролизуется и образует как при окислении активного ила, так и при дезаминировании аминокислот, углекислый аммоний:



Образуемый во время дезаминирования, самоокисления активного ила, гидролиза мочевины и других продуктов обмена углекислый аммоний со временем претерпевает биохимическое окисление при помощи аэробных бактерий. Этот процесс, получивший название нитрификации, осуществляется в две фазы. В первую фазу аммонийные соли преобразуются в азотистые соединения (нитриты) бактериями из рода *Nitrosomonas*, а во вторую — в азотные (нитраты) бактериями рода *Nitrobacter*. Течение реакции (по СМ. Строганову) следующее:



Таким образом, азотная кислота в виде минеральных солей (нитратов) является конечным продуктом окисления белковых веществ и продуктов их

обмена в животном и растительном организмах. В связи с этим по количеству нитратов судят об успешности и полноте процесса биохимического окисления органических веществ, в состав которых входит белок.

Процесс нитрификации связан с выделением тепла и поэтому играет немаловажную роль во время эксплуатации сооружений биохимической очистки сточных вод в зимнее время. Кроме того, в процессе нитрификации накапливается кислород. Последний может быть использован для биохимического окисления органических безазотистых веществ, когда уже полностью растрочен свободный (растворенный) кислород. Под воздействием денитрифицирующих бактерий кислород отщепляется от нитритов и нитратов и вторично используется для окисления органического вещества.

Под денитрификацией в широком смысле слова понимается восстановление бактериями солей азотной кислоты (нитратов) независимо от того, образуются ли при этом соли азотистой кислоты, окислы азота, аммиак или свободный азот. Степень восстановительного действия бактерий, помимо их биохимических особенностей, зависит также от состава среды, его реакции и других условий. Так, в щелочной среде и при свободном поступлении воздуха восстановительный процесс не идет дальше образования солей азотистой кислоты; в кислой среде и при затрудненном поступлении кислорода процесс восстановления ограничивается образованием аммиака.

Денитрификацией в более узком значении слова называют распад азотно- и азотисто-кислых солей (нитратов и нитритов) с выделением свободного азота. Не имея свободного кислорода или располагая им в ограниченном количестве, денитрифицирующие бактерии берут его у солей азотной и азотистой кислот и одновременно окисляют безазотные органические соединения, получая вследствие этого окислительного процесса необходимую им энергию. Азотом нитратов они также пользуются для построения своей плазмы. Этот сложный процесс, одновременно восстановительный и окислительный, может быть представлен (по Омелянскому) таким уравнением:

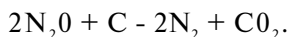


где C — органический углерод.

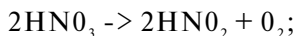
Нитратный азот сначала восстанавливается до закиси азота, содержащегося в газах, которые выделяются при денитрификации:



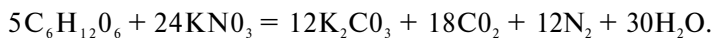
Закись азота затем распадается с выделением свободного азота (по Бейеринку):



Процесс денитрификации протекает в три фазы:



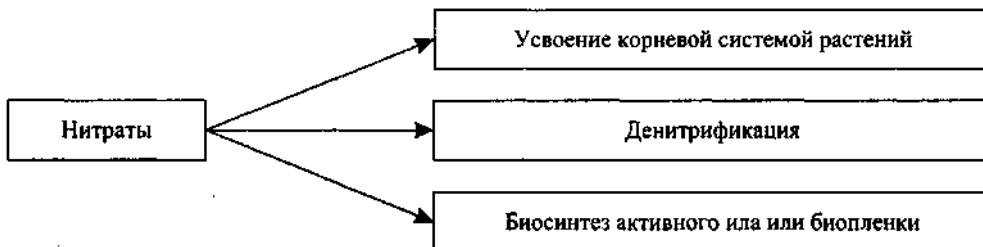
Источником энергии для денитрифицирующих бактерий могут служить углеводы, спирты, органические кислоты, пептон, аспарагин, мочевины, другие органические соединения. Обобщенное уравнение, по которому происходит окисление, например глюкозы, благодаря восстановлению калия нитрата (селитры), примет вид (по Корсаковой):



Процесс денитрификации сопровождается бурным выделением газов — смеси азота и углекислоты, иногда с примесями азота закиси.

Таким образом, при биохимической очистке сточной воды одновременно с окислительными протекают и восстановительные процессы денитрификации. Микроорганизмы потребляют кислород образуемых при этом азотистых соединений. Этот процесс очень важен в начальной стадии очистки сточной воды на всех без исключения сооружениях биохимической очистки в пусковой период (биологического созревания) и для тех участков биологических фильтров и аэротенков, где нарушено поступление кислорода. Процессом денитрификации обуславливается отрицательный баланс азота в процессах биохимической очистки, так как значительная часть азота в молекулярном виде выделяется в атмосферу. Обычно этим объясняется низкий уровень нитритов и нитратов в очищенной активным илом сточной воде.

Часть нитратов, образовавшихся при биохимическом окислении органических веществ сточной воды, усваивается растениями (если сточные воды поступают в почву), а часть — денитрифицируется. Азот нитратов может быть использован также для биосинтеза активного ила аэротенков или биологической пленки биофильтров. Схематически это можно изобразить так:



Аэробные процессы биохимической очистки протекают в строгой последовательности. Так, органические вещества, которые содержат углерод и имеют низкую степень окисления, окисляются в первую очередь, а уже затем нитрифицируются. В природных условиях процессы биохимического окисления, являющиеся ведущими в самоочищении поверхностных водоемов, протекают сравнительно медленно, в течение нескольких суток. Установлено, что 10 мг азота окисляется до нитритов за 15 сут, а 10 мг нитритов превращаются в нитраты за 40 сут. Понятно, что в искусственных канализационных сооружениях биологической очистки сточных вод указанные процессы нужно определенным образом интенсифицировать, чтобы предотвратить накопление сточной воды и приблизить скорость ее очистки к скорости образования.

При благоприятных условиях процессы биологической очистки сточных вод могут протекать нормально. Для этого необходимы три участника биохимического процесса: органическое вещество сточных вод, аэробные микроорганизмы и кислород воздуха. Задание технологического процесса на сооружениях биологической очистки сводится к столкновению названных элементов в оптимальных соотношениях. Этим обуславливается то, что, *во-первых*, биологическая очистка возможна при поступлении хозяйственно-бытовых или близких к ним по составу промышленных (например, предприятий пищевой промышленности) сточных вод, содержащих значительное количество органических веществ. *Во-вторых*, обязательным условием эффективной биологической очистки на искусственно созданных сооружениях, моделирующих процессы самоочищения в водоемах, является аэрация сточных вод. *В-третьих*, биологическая очистка происходит в указанных сооружениях благодаря формированию специализированного микробиоценоза, который в сооружениях, моделирующих самоочищение в водоемах, называется активным илом, а в сооружениях, моделирующих самоочищение в почве, — биологической пленкой.

Под активным илом подразумевают биоценоз (или культуру) микроорганизмов-минерализаторов, которые связаны между собой синтезированным ими органическим веществом в виде хлопьев, способных сорбировать на поверхности органические вещества и окислять их в присутствии кислорода воздуха, растворенного в воде. В состав активного ила входят сапрофитные водные бактерии, простейшие (например, свободноплавающие и прикрепленные инфузории, коловратки и т.д.), грибы, нитчатые водоросли, нематоды (при условии нехватки кислорода).

Активный ил формируется и накапливается в зоне аэрации сооружений, моделирующих процессы самоочищения в водоемах. Такими искусственными сооружениями являются аэротенки, компактные канализационные установки заводского изготовления и их прототипы, аэротенки-осветлители колонного и коридорного типов, симбиотенки и др.

В природных водоемах в состав биоценоза, обеспечивающего процессы самоочищения, в том числе и при поступлении недостаточно очищенных сточных вод, кроме микроорганизмов, входят фито- и зоопланктон и рыбы различных видов. Следует подчеркнуть, что ни из каких (экологических, гигиенических, экономических и др.) соображений не может быть оправданным использование рек и других поверхностных водоемов в качестве очистных сооружений. Хотя, безусловно, за счет процессов самоочищения в реках происходит доочистка сточных вод, прошедших биологическую очистку на искусственно созданных канализационных сооружениях.

Под *биологической пленкой*, которая формируется в сооружениях, моделирующих самоочищение в почве (биологические фильтры — капельные, аэро-фильтры, башенные биофильтры и др., песчано-гравийные фильтры) подразумевается биоценоз (или культура) микроорганизмов-минерализаторов, которые прикреплены к поверхности фильтрующего загрузочного материала и способны сорбировать на поверхности органические вещества и окислять их в присутствии кислорода воздуха.

Процесс биологической очистки сточной воды на всех искусственных канализационных сооружениях делится на два этапа: 1) биологического созревания активного ила или рабочей биологической пленки (пусковой период); 2) стационарного процесса (эксплуатационный период).

Период биологического созревания в аэрационных сооружениях с активным илом — это период, в течение которого развивается оптимальное количество активного ила, адаптированного относительно конкретного режима работы сооружения, объема и качества сточной воды. В этот период поверхность загрузочного материала биологических фильтров, песчано-гравийных фильтров, дисков симбиотенков покрывается биологической пленкой. Процесс в наилучших условиях (в летнее время года) длится 3—4 нед в аэрационных сооружениях с активным илом при их работе в замкнутом режиме и 1—2 мес — в биологических фильтрах. В другие сезоны года период биологического созревания может длиться до 6 мес. Это следует учитывать при строительстве очистных сооружений и стремиться завершить пусконаладочные работы на очистных канализационных станциях в теплое время года. Благодаря интенсификации, за счет внесения в зону аэрации очистных сооружений активного ила действующих сооружений в количестве 5—30% объема зоны аэрации или сухого активного ила, период биологического созревания аэрационных сооружений может завершиться в течение 1—2 нед. Это имеет очень важное природоохранное значение, так как в период биологического созревания в очистных сооружениях недостаточно очищенные (после отстойника) или совсем неочищенные сточные воды от объекта канализования сбрасывают в поверхностные водоемы, загрязняя их.

В период стационарного процесса работы аэрационных установок различают пять фаз работы активного ила. Подобная фазность стационарного процесса характерна и для "работы" биологической пленки в сооружениях, которые воспроизводят процессы самоочищения в почве. Первая фаза — *биосорбции органического вещества хлопьями активного ила (биологической пленки)* — длится не более 30 мин. За это время органические вещества сточной воды, которые находятся в растворенном состоянии (в виде молекулярных и коллоидных растворов) и мелких суспензий, сорбируются на поверхности микроорганизмов активного ила или биологической пленки. Во второй фазе — *фазе декарбонизации*, длящейся от 1 до 4 ч, происходит биохимическое окисление легко окисляемых углеродсодержащих органических веществ сточной воды, микроорганизмами активного ила (биологической пленки) до углекислого газа и воды. Процесс окисления сопровождается выделением энергии, которую микроорганизмы активного ила (биологической пленки) используют для синтеза вещества собственной биомассы. Третья фаза — *фаза синтеза клеточного вещества активного ила (биологической пленки)* из остатков органических веществ сточной воды за счет энергии, освободившейся во второй фазе. Количество органического субстрата, переходящего в новые клетки, составляет почти 65%. Суммарная продолжительность этой фазы в зоне аэрации комбинированных аэрационных сооружений или аэротенках и регенераторах составляет почти 20 ч в стационарном процессе очистки сточной воды. При непрерывной аэра-

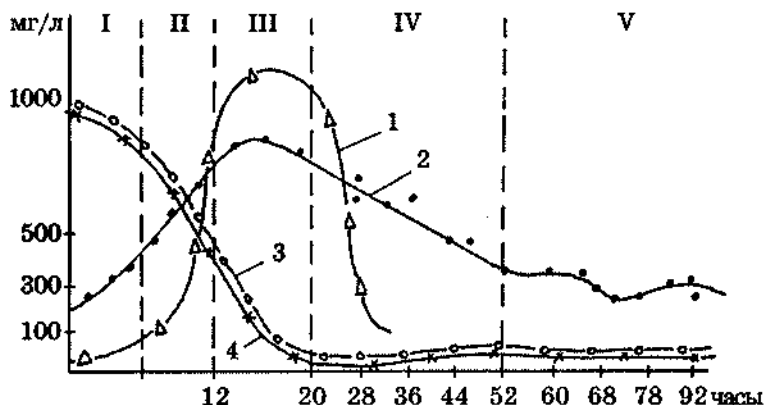


Рис. 45. Фазы стационарного процесса работы аэрационных сооружений с активным илом: 1 — кривая роста чистой бактериальной культуры (млн/мл); 2 — концентрация активного ила; 3 — БПК5 (мг Ог/л); I—V — соответственно лаг-фаза, фаза логарифмическая, стационарная, отмирания и конечного заката

ции сточной воды свыше 20—24 ч происходит четвертая фаза стационарного процесса — *фаза эндогенного дыхания*, или окисления органического вещества клеток активного ила. Завершается она через 2—3 сут аэрации активного ила. При более продолжительной аэрации (свыше 2—3 сут) наступает пятая фаза — *фаза нитрификации и денитрификации*, которая чаще и полнее протекает в сооружениях, воспроизводящих процессы самоочищения в почве.

В указанные фазы стационарного процесса происходят определенные изменения массы активного ила. При этом также выделяют 5 фаз (рис. 45). Первой фазе — биосорбции стационарного процесса отвечают *лаг- и логарифмическая фазы* интенсивного прироста массы активного ила и резкого снижения в сточной воде концентрации органических веществ за счет их биосорбции. Вторая фаза — *фаза замедленного роста* — отвечает фазе декарбонизации стационарного процесса. Третья фаза — *фаза стационарной, или относительно постоянной, массы активного ила*, отвечает третьей фазе биохимического процесса очистки сточной воды, то есть синтезу активного ила. Она длится до тех пор, пока не исчерпается все органическое вещество, накопленное клетками микроорганизмов активного ила. Четвертая фаза — *фаза отмирания или постепенного уменьшения массы активного ила* — отвечает фазе эндогенного дыхания, или самоокисления активного ила. Органическое вещество клеток биомассы активного ила окисляется до конечных продуктов — NH_3 , CO_2 и H_2O . Это способствует уменьшению общей массы активного ила в аэрационном сооружении. Пятая фаза получила название фазы *конечного заката* и отвечает процессам нитрификации и денитрификации. Она наблюдается во время стационарного процесса работы аэрационных сооружений при их непрерывной аэрации свыше 24 ч. В эту фазу минерализуется активный ил. Чаще всего это бывает в стационарном процессе работы очистных канализационных сооружений, которые моделируют процессы самоочищения в почве.

Знание фазности стационарного процесса биологической очистки сточных вод имеет важное значение не только для инженерно-технической службы, но и для практической деятельности врача-профилактика. Деление стационарного процесса на фазы имеет условный характер, так как в I фазу могут протекать процессы II и даже III. Точно так же во II фазу возможны превращения, свойственные другим фазам. Но, несмотря на условность, знание этих фаз, их научно обоснованное выделение в стационарном процессе биохимической очистки дало возможность предложить ряд аэрационных канализационных сооружений с активным илом, в которых преобладают те или другие фазы процесса. Так, на основании использования лишь I фазы процесса биохимической очистки с целью удаления органических веществ из сточной воды предложены аэротенки с контактно-стабилизированным процессом. В таких аэротенках биохимическая очистка сточных вод происходит в течение 20—30 мин. После этого биомасса отделяется от биологически очищенной сточной жидкости во вторичных (чаще всего радиальных) отстойниках и направляется в стабилизаторы активного ила. Там происходят II, III и, иногда частично, IV фазы процесса, которые совпадают с соответствующими фазами изменений активного ила. Такой активный ил вновь способен к сорбции органического вещества сточных вод. Поэтому та его часть, которую называют возвратным активным илом, возвращается в аэротенки с контактно-стабилизационным процессом, а избыточный активный ил из стабилизаторов направляется для обезвреживания в метантенки.

Две первые фазы процесса использованы на очистных канализационных станциях аэротенков, которые предусматривают неполную очистку или с "продленной аэрацией". У них биологическая очистка сточной воды длится почти 4 ч. За это время происходят фазы биосорбции и декарбонизации, после чего сточная вода поступает во вторичные отстойники, где освобождается от активного ила. Возвратный активный ил направляется в регенераторы, где происходят III и, иногда, частично, IV фаза процесса, которые совпадают с соответствующими фазами изменений активного ила. После этого ил возвращают в аэротенки. Избыточный активный ил из вторичных отстойников направляют на обезвреживание в метантенки (рис. 46).

Первые три фазы стационарного процесса биологической очистки происходят в аэротенках на полную очистку, в которых аэрация сточной воды

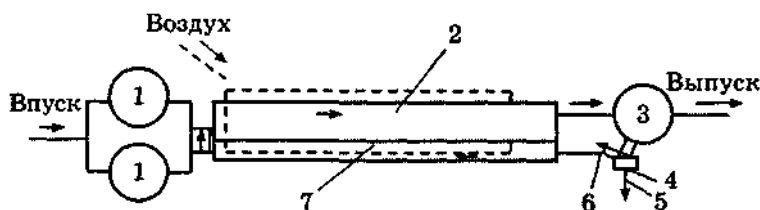


Рис. 46. Технологическая схема работы одноступенчатого аэротенка на неполную биологическую очистку:

- 1 — первичный отстойник; 2 — аэротенк; 3 — вторичный отстойник; 4 — насосная станция; 5 — избыточный активный ил; 6 — циркулирующий активный ил; 7 — регенератор

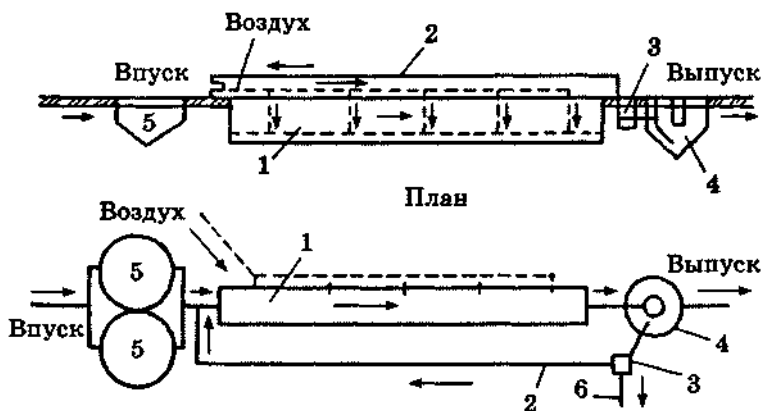


Рис. 47. Технологическая схема работы одноступенчатого аэротенка на полную биологическую очистку:

1 — аэротенк; 2 — циркулирующий активный ил; 3 — насосная станция; 4 — вторичный отстойник; 5 — первичный отстойник; 6 — избыточный активный ил

длится до 20 ч. В этом случае возвратный активный ил из вторичных отстойников сразу же возвращается в аэротенки, а избыточный — направляется в метантенки на обезвреживание (рис. 47).

Кроме аэротенков, на неполную очистку с использованием первых двух фаз стационарного процесса рассчитаны аэротенки-осветлители конструкции НИКТИ городского хозяйства г. Киева.

Все четыре фазы стационарного процесса использованы для создания аэрационных канализационных сооружений с "суммарным" или "полным" окислением сточной воды. К ним относятся прототипы компактных установок заводского изготовления: ЦОК, АРТ и собственно компактные установки типа КУ-12, КУ-25, КУ-200, УКО-25, УКО-100, БИО-25 и др.

Биологические пруды — искусственно созданные неглубокие водоемы в почвах, где отсутствует или происходит их слабая фильтрация. При неблагоприятных в фильтрационном отношении грунтах осуществляют противофильтрационные меры. В таких искусственных водоемах биологическая очистка городских, производственных и ливневых (дождевых) сточных вод протекает в условиях, приближенных к природным. В биологических прудах можно интенсифицировать биологическую очистку и доочистку сточных вод за счет: 1) более низких скоростей движения воды; 2) незначительной глубины; 3) более интенсивного развития микроорганизмов (в отличие от природных поверхностных водоемов в 1 м³ воды биологического пруда биоценоз микроорганизмов занимает площадь в 20 м²); 4) использования в биологических прудах высших водных растений — камыша обыкновенного, рогоза узколистного, аира и др.; 5) искусственной аэрации (в соответствии со СНиП 2.04.03-85 п. 6.199 допускается проектирование биологических прудов как с природной, так и искусственной пневматической или механической аэрацией).

В качестве самостоятельных сооружений для очистки сточных вод биологические пруды используют таким образом: сточные воды после отстаивания непосредственно перед выпуском в пруд разводят речной водой в 3—5 раз и медленно в течение 2—3 сут, пропускают через пруд. Глубина пруда — от 0,6 м (в начальной части) до 1,5 (перед местом выпуска). Незначительная глубина способствует аэрации всей толщи воды и ее прогреванию, т. е. создаются благоприятные условия для биологических окислительных процессов.

Выпускать сточные воды в биологические пруды и отводить из них после очистки для обеспечения полного и равномерного обмена воды рекомендуют в нескольких точках. Этого условия удастся придерживаться при устройстве биологических прудов прямоугольной (в плане) формы.

Сточные воды очищают в биологических прудах в аэробных и анаэробных условиях. Аэробные биологические пруды имеют глубину до 1 м, анаэробные — 2,5—3 м, площадь — до 1 га. Нагрузка органических веществ на анаэробные биопруды по БПК₂₀ для бытовых сточных вод составляет 300—350 кг/га в сутки.

Аэробные биологические пруды с природной аэрацией можно использовать для очистки сточных вод с концентрацией органических веществ по БПК₂₀ не выше 200 мг O₂/л, с искусственной аэрацией — не выше 500 мг O₂/л в IV климатическом поясе в течение года. Там они могут быть использованы как основное средство для очистки сточных вод, если последние невозможно использовать для сельскохозяйственного орошения.

Поскольку зимой во II и III климатических поясах биологические пруды промерзают, их рекомендуют использовать для биологической очистки сточных вод лишь в теплое время года или в комбинации с другими очистными сооружениями. Если БПК₂₀ сточных вод, поступающих в биологические пруды, превышает 500 мг O₂/л, нужно позаботиться об их предварительной очистке. Перед биологическими прудами следует ставить решетки с прозорами до 16 мм и отстаивать сточные воды в течение 30 мин. Гидравлическая нагрузка на 1 га поверхности аэробных биологических прудов для сточных вод, прошедших отстаивание в первичных отстойниках, не должна превышать 250 м³/га в сутки. СМ. Строганов доказал, что такие биологические пруды работают эффективно при нагрузке 250—300 м³/га в сутки. После биологических прудов с искусственной аэрацией нужно предусматривать отстаивание очищенной воды. Продолжительность отстаивания должна составлять 2—2,5 ч. Отводят очищенную воду через сборное устройство. Его оборудуют ниже уровня воды на 0,15—0,2 глубины биологического пруда. Хлорируют сточную воду лишь после биологического пруда. Концентрация остаточного хлора в воде после контакта не должна превышать 0,25—0,5 г/м³.

Эффективность очистки сточных вод от органических (по БПК₂₀) и бактериальных загрязнений в таких биологических прудах достаточно высокая, но только в теплое время года.

Аэробные биологические пруды с природной аэрацией используют как *серийные без разбавления речной водой*. Они состоят из 4—6 секций, через которые сточные воды проходят последовательно после отстаивания. Глубина прудов составляет 0,6—0,8 м. Гидравлическая нагрузка на 1 га поверхности таких

прудов должна составлять $125 \text{ м}^3/\text{га}$ в сутки в теплый период года, т. е. в мае — октябре. Зимой эти пруды не работают. В первой секции очистка сточных вод происходит за счет фильтрации через фашинник, на котором хорошо формируется биологическая пленка. В этой секции преобладают анаэробные процессы распада органических веществ и полисапробная флора и фауна. В следующих секциях появляется растворенный кислород. В последней секции преобладает микрофлора, характерная для *β-мезосапробной зоны*. Кроме того, последние две секции серийных биологических прудов можно использовать для разведения рыбы.

Биологические пруды с природной аэрацией лучше использовать для *доочистки (третичной очистки) биологически очищенных сточных вод*. Такие биологические пруды дополнительно улучшают качество очищенных сточных вод, исправляют недостатки в работе основных очистных канализационных сооружений и выполняют роль буфера между очистными сооружениями и поверхностным водоемом летом, когда требования к качеству воды в последних, при использовании водоема с оздоровительной целью, особенно высоки.

При использовании аэробных биологических прудов для доочистки биологически очищенных сточных вод гидравлическая нагрузка на 1 га их поверхности может быть увеличена до $5000 \text{ м}^3/\text{га}$ в сутки. БПК₂₀ биологически очищенных сточных вод или после физико-химической очистки, подаваемых на доочистку в биологические пруды, регламентирована СнП 2.04.03-85 (п. 6.201). Она не должна превышать $25 \text{ мг } \text{O}_2/\text{л}$. Для биологических прудов с искусственной аэрацией — не превышать $50 \text{ мг } \text{O}_2/\text{л}$. Обмен воды в биологических прудах для доочистки рассчитан на 1—2 сут. За это время значительно снижаются окисляемость воды, содержание в ней азота аммонийного, в воде отмирает кишечная микрофлора, улучшаются органолептические свойства воды.

В Беларуси с 1950 г. широко используют *биологические пруды, в которых самоочищение сточной воды обусловлено интенсивным развитием зеленых водорослей*. Они распространены также в США, других странах. В результате фотосинтеза водоросли, усваивая углерод из углекислоты, насыщают и перенасыщают воду кислородом. Благодаря интенсивной аэрации в воде активизируются окислительные процессы. Установлено, что при 138 мг/л беззольного вещества зеленых водорослей, которые выделяются из 1 л воды, в биологических прудах значительно снижается БПК (до $150 \text{ мг } \text{O}_2/\text{л}$ в сутки). Скорость бактериального самоочищения воды возрастает в 10 раз. Отмирает патогенная микрофлора в высокощелочной среде (рН 10—11), что создается благодаря ассимиляции водорослями свободной и гидрокарбонатной углекислоты. Продолжительность пребывания сточной воды в таких прудах составляет 8 сут. Сбрасывание зеленых водорослей в открытые водоемы сопровождается значительным улучшением в них условий самоочищения.

С конца 50-х годов XX в. ученые все больше внимания уделяют *гидроботаническому способу доочистки сточных вод в биологических прудах с помощью высших водных растений, роль которых в процессах природного самоочищения воды в поверхностных водоемах очень значительна*. Это прежде всего камыш обыкновенный, рогоз узколистный, аир и др. Особенно выделяют те

виды высших водных растений, которые способны обессаливать воду, поглощать из нее токсические и органические вещества и очищать от энтеробактерий группы *Escherichia coli*, *Enterobacter* за счет антагонистического действия бактерий, которые вегетируют на корневой системе высших водных растений. Это *Alnus glutinosa*, *Menta aquatica*, *Iris pseudocorus* и др. Они выделяют активные вещества, которые действуют как антибиотики, в частности стрептомицина сульфат.

Высаживая высшие водные растения в каскады биологических прудов, следует придерживаться таких условий: 1) аллопатические выделения растений первого каскада не должны угнетать растения в следующем каскаде, а напротив, стимулировать их вегетацию; 2) после завершения вегетации растения должны отделять стебли и листья от корня. Затем всплывать на поверхность водоема или наоборот после разложения выделять в окружающую среду минимум органических и минеральных веществ; 3) преимущество нужно отдавать тем видам растений, которые способны накапливать биогенные элементы и сорбировать ионы хлора, кальция, натрия и магния на построение своего собственного стебля и листьев.

Благодаря широкому внедрению в биологических прудах высших водных растений, во многих странах мира сегодня решают проблему подготовки поверхностных вод к пополнению запасов подземных водоносных горизонтов, интенсифицируют процессы самоочищения в рыбохозяйственных и природных водоемах. Высшие водные растения предотвращают "цветение" поверхностных водоемов.

Гидрботанический способ доочистки сточных вод в биологических прудах при помощи высших водных растений является высокоэффективным, простым и экономичным способом третичной очистки. Создание проектов биологических прудов с высшими водными растениями, включение их в систему оборотного водоснабжения промышленных предприятий будет способствовать уменьшению сбрасывания неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водоемы.

Аэротенки — искусственные очистные канализационные сооружения, в которых процесс биологического окисления органических веществ сточных вод происходит аналогично самоочищению в поверхностных водоемах, но гораздо интенсивнее. Достигается это посредством бурного по сравнению с водоемами и биологическими прудами, развития биоценоза микроорганизмов активного ила в 1 м³ воды природных поверхностных водоемов биоценоз микроорганизмов занимает площадь 5 м²; в 1 м³ воды биологического пруда — 20 м²; в аэротенках в зависимости от концентрации активного ила — 1800—2400 м²) и более интенсивного насыщения ило-водяной смеси в сооружениях благодаря искусственной аэрации среды.

Аэротенк — удлиненный железобетонный резервуар прямоугольной формы, глубиной 2—4 м. Состоит такой резервуар из нескольких секций в зависимости от объема сточных вод, поступающих на биологическую очистку. Каждая секция разделена продольными перегородками на прямоугольные или квадратные коридоры. С одной стороны такая перегородка не доходит до по-

перечной стенки аэротенка. Соотношение ширины коридора и рабочей глубины составляет от 1:1 до 1:2. По таким коридорам сточная вода движется последовательно из одного в другой, смешивается с активным илом и насыщается кислородом атмосферного воздуха.

На дне аэротенка вдоль боковой стенки на расстоянии 10—15 см одна от другой укладываются перфорированные трубы с отверстиями диаметром 2—2,5 мм. Они обеспечивают циркуляцию смеси в поперечном сечении и ее среднепузырчатую аэрацию. Воздух в такие трубы, а также под фильтровальные пластины, которые также используют для распределения воздуха в аэротенке, подают при помощи вертикальных стояков, которые отходят от магистрального воздухопровода, расположенного на продольной стене аэротенка. Надлежащий для нормальной работы аэротенков объем воздуха подается посредством компрессоров или воздуходувок под соответствующим давлением при помощи воздухопровода. Различают мелко-, средне- и крупнопузырчатую аэрацию среды. При мелкопузырчатой аэрации пузырьки воздуха имеют размеры 1—4 мм, среднепузырчатой — 5—10 мм, крупнопузырчатой — более 10 мм. Мелкопузырчатая аэрация обеспечивается керамическими, тканевыми, пластиковыми аэраторами, а также аэраторами форсуночного и ударного типа; среднепузырчатая — перфорированными трубами, щелевыми аэраторами; крупнопузырчатая — открытыми внизу вертикальными трубами, а также соплами.

Сточная вода, которая медленно течет по коридорам аэротенка, пронизывается потоком пузырьков воздуха, быстро движущегося снизу вверх и захватывая сточную воду. На место такой воды по всей длине аэротенка подтекает более тяжелая вода с меньшим содержанием воздуха, благодаря чему вся масса воды приобретает, кроме поступательного, еще и вращательное движение.

Если аэротенк наполнить сточной водой и затем аэрировать такую воду в замкнутом режиме в течение 30 сут и больше, в среде начнет бурно развиваться биоценоз микроорганизмов, так же как биологическая пленка на биофильтрах. Из-за отсутствия твердой основы в аэротенке образуются хлопья, которые состоят из бактерий, простейших, других микроорганизмов и органического вещества. Эти хлопья получили название активного ила. Он играет решающую роль в процессе биологической очистки сточных вод.

Период, в течение которого образуются такие хлопья в аэротенке, называется периодом биологического созревания сооружения. Процесс этот можно ускорить внесением в аэротенк перед его вводом в эксплуатацию активного ила из работающих аэрационных сооружений, осадка из вторичных отстойников после биологических фильтров, который состоит преимущественно из биологической пленки.

Исследования процессов, которые происходят в аэротенке, показали, что биологическая очистка сточных вод происходит в первые две фазы стационарного процесса (см. с. 278). В этот период сточная вода освобождается от органических веществ. Эффект очистки по БПК может быть доведен до 95—98%.

Накопленный во время эксплуатации аэротенка активный ил поступает со сточной водой (ило-водяной смесью) во вторичный отстойник радиального

или вертикального типа, где при скорости движения 1 мм/с оседает на дно отстойника. Из вторичного отстойника часть активного ила возвращается в камеру регенерации активного ила, где завершаются третья и четвертая фазы стационарного процесса. Затем регенерированный активный ил подается в аэротенк, смешивается там со сточной водой, отстоянной в первичных отстойниках. Избыток активного ила из вторичных отстойников перекачивается в уплотнитель ила, а затем в метантенки, где подвергается обработке совместно с осадком из первичных отстойников.

Главным преимуществом аэротенка по сравнению с другими сооружениями является возможность руководить процессом очистки. В зависимости от начальной концентрации загрязнений сточных вод, температурных условий, требований к качеству очищенных сточных вод можно: изменить продолжительность пребывания сточных вод в сооружении, концентрацию активного ила, количество воздуха, поступающего в аэротенк и др. Все это регулируется путем лабораторного контроля.

Качество активного ила обуславливается многими факторами. В частности, оно зависит от соотношения массы активного ила (по сухому веществу) и загрязняющих веществ, которые содержатся в сточных водах. Это соотношение характеризует органическую нагрузку на активный ил, выражающуюся количеством загрязнений по БПК в неочищенных сточных водах, относительно общего количества сухой массы ила или ее беззольной части в системе.

Кроме нагрузки на активный ил различают *окислительную мощность* активного ила, которая выражается количеством переработанных активным илом органических загрязнений. Она зависит от концентрации активного ила (по сухому веществу) в 1 л. В аэротенках разных систем и конструкций она изменяется от 1 до 20 г/л. Важным показателем является также *удельная скорость окисления*, которая выражается количеством удаленного органического вещества (г БПК на 1 г беззольного вещества ила в сутки).

Показатель качества активного ила — его *способность к оседанию*. Ее оценивают *иловым индексом*. Это объем активного ила после 30-минутного отстаивания 100 мл иловой смеси, отнесенной к 1 г сухого вещества. Хорошо минерализованным считается активный ил, имеющий иловый индекс 60—90. Если иловый индекс превышает 150—200, ил может "вспухать", что нежелательно. Существует такое понятие, как *возраст активного ила*. Это средняя продолжительность пребывания его в аэротенке.

Чем продолжительнее аэрация сточной воды в аэротенке, выше концентрация активного ила в среде и объем воздуха, который подается в аэротенк на единицу объема воды, тем лучше очищается сточная вода.

Различают аэротенки-смесители, аэротенки-вытеснители, на неполную или частичную биологическую очистку. По технологическим схемам аэротенки проектируют на полную биологическую очистку, одноступенчатые, двухступенчатые, аэротенки с регенераторами.

В зависимости от способа подачи и распределения воздуха аэротенки бывают с пневматической, механической аэрацией, с аэрацией смешанного типа.

Циркуляционно-окислительные каналы (ЦОК). Впервые очистные канализационные станции с ЦОК построили в Нидерландах. Сооружение в плане имеет вид замкнутой траншеи с трапецевидным поперечным сечением. В траншею встроены аэраторы щеточного типа с горизонтальной осью вращения. Траншеи работали в периодическом режиме. В дальнейшем режим работы окислительного канала приближался к непрерывному. Это достигается применением двух траншей, которые параллельно работают в периодическом режиме. Со временем были разработаны конфигурации окислительных траншей, в которых основной канал работал непрерывно, а дополнительный — периодически.

Технологические испытания и санитарно-гигиенические исследования ЦОК проведены в НИКТИ ГК, АКХ им. К.Д. Памфилова, Национальном медицинском университете (НМУ) имени А.А. Богомольца, других научно-исследовательских учреждениях. Сооружение представляет собой замкнутый, овальной формы канал глубиной 1 м в комплексе с вертикальным отстойником. Объем его определяют из расчета $0,3 \text{ м}^3$ на одного жителя. Продолжительность пребывания сточных вод в канализационном сооружении — не менее 1,5 сут. Сооружение предназначено для полной биологической очистки хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод от небольших населенных пунктов и отдельно расположенных объектов с водоотведением до $1400 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Оптимальная концентрация активного ила в сооружении для достижения процесса составляет 4г/л . Сточная вода от объекта канализования подается в зону работы роторного аэратора ЦОК, пройдя через решетки *спрозорами* 10—16 мм. В зоне аэрации сточная вода быстро смешивается с активным илом. Иловая смесь непрерывно выпускается из ЦОК во вторичный отстойник. Там активный ил оседает в течение 1,5 ч и снова перекачивается насосом в ЦОК. Излишек активного ила из вторичного отстойника подается на иловые площадки или подземные иловые траншеи, предложенные кафедрой коммунальной гигиены и экологии НМУ. Площадь иловых площадок определяют из расчета $0,38 \text{ м}^2$ на одного жителя. Дренажные воды желательно подавать в окислительный канал для очистки.

Биологически очищенная в сооружении сточная вода обеззараживается, а затем сбрасывается в ближайший водоем в соответствии с требованиями Правил. Сточные воды, очищенные в ЦОК, могут быть отведены на доочистку. В зависимости от местных условий с этой целью устраивают биологические или фильтрационно-обогащительные пруды, разработанные кафедрой коммунальной гигиены и экологии НМУ.

ЦОК разной конфигурации и компоновки отдельных элементов, которые упрощают строительство и эксплуатацию сооружений на равнинной местности и склонах, разработаны в НИКТИ ГХ, Укргипрокоммунстрое, других проектно-конструкторских учреждениях в Украине и России. В частности, Львовское проектно-конструкторское бюро Министерства мясомолочной промышленности Украины разработало схему очистной станции с ЦОК для предприятий аналогичной отрасли. В состав такой схемы входят последовательно решетки с ручной очисткой, песколовка, нейтрализационная установка, жиросепаратор с электрофлотокоагуляцией, ЦОК, вертикальный вторичный отстойник,

биологический пруд для доочистки сточной воды, хлораторная с контактным резервуаром, а также иловая насосная станция и устройства для приготовления и подачи биогенных добавок.

Результаты исследований работы ЦОК, проведенные летом и зимой, свидетельствуют об их высокой эффективности при очистке высокоинфицированных и близких к ним по составу промышленных сточных вод.

Аэроокислитель радиального типа (АРТ). Конструкции АРТ, совмещенных со вторичными отстойниками, были предложены впервые в Киеве в НИКТИ ГХ и разработаны в четырех типоразмерах для очистных канализационных станций разной производительности. Аэроокислитель конструктивно представляет собой круглый в плане железобетонный резервуар глубиной 2,5—3 м, в состав которого входят две секции — аэрационная и отстойная (рис. 48).

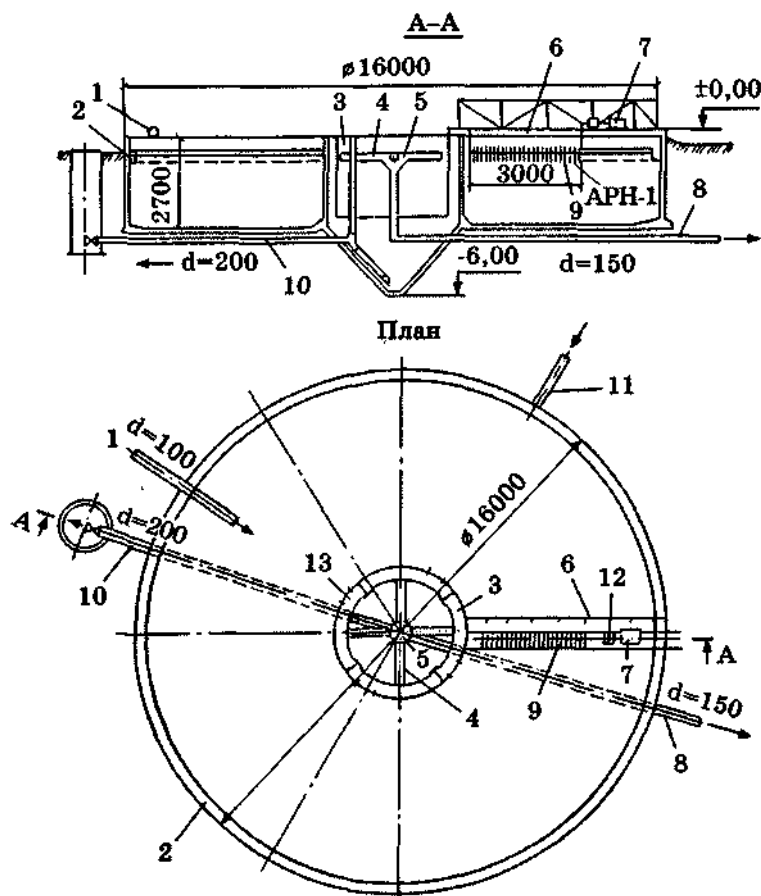


Рис. 48. Аэроокислитель радиального типа диаметром 16 м:

1 — трубопровод циркулирующего ила; 2 — распределительный лоток; 3 — полупогружная перегородка; 4 — сборные лотки; 5 — приемная чаша; 6 — мостик аэратора; 7 — электропривод; 8 — трубопровод выпуска очищенной сточной воды; 9 — механический роторный аэратор; 10 — трубопровод выпуска осадка; 11 — подводящий лоток; 12 — редуктор; 13 — щелевидные отверстия отстойника

Аэрационная секция представлена внешним кольцом. В центральной его части концентрично расположен вторичный вертикальный отстойник с днищем в виде опрокинутого усеченного конуса.

Основным условием обеспечения надлежащей степени очистки сточных вод и минерализации активного ила в сооружении является поддержание нагрузок в диапазоне: $b = 8\text{--}12,5$ мг БПК₂₀/г ила в 1 ч.

Продолжительность аэрации сточных вод в АРТ при разных значениях БПК₂₀ должна быть от 0,5 до 1,5 сут.

Продолжительность пребывания ила в отстойной секции должна составлять не более 2 ч.

Очистные канализационные станции с АРТ предназначены для полной биологической очистки сточных вод небольших городов, рабочих поселков, сельских населенных пунктов, отдельно расположенных объектов (лечебно-профилактических учреждений, санаториев, домов отдыха, пансионатов и др.), а также близких по составу промышленных сточных вод (плодоконсервных заводов, маслосырзаводов, пищекомбинатов, молочных заводов, сточных вод III категории сахарных заводов). Концентрация загрязнений сточных вод, подаваемых на биологическую очистку в АРТ, по величине БПК₂₀ не должна превышать 2000 мг/л. Расходы сточных вод на одно сооружение должны составлять от 300 до 2100 м³/сут.

Малогабаритные канализационные установки на полное окисление: КУ-12; КУ-25; КУ-200; УКО-25; УКО-100; БИО-25 (50,100) и др. К малогабаритным (компактным) канализационным установкам относят конструктивно компактные сооружения, которые сочетают (порой в одном блоке) весь комплекс процессов по очистке сточной воды — механическую и биологическую очистку, обработку осадка, доочистку и дезинфекцию. Установки занимают небольшие земельные территории, что позволяет разместить их вблизи объекта канализования, снизить стоимость, упростить эксплуатацию и санитарный контроль.

Все компактные канализационные установки рассчитаны на прием и полную биологическую очистку хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод с концентрацией взвешенных частиц до 325 мг/л и БПК₅ — 270 мг О₂/л перед поступлением сточных вод в зону аэрации. Если в сточной воде взвешенные частицы и БПК₅ не превышают указанных величин, то такую сточную воду подают в установки без предварительной механической очистки. Если же концентрация их выше, то перед подачей сточной воды в зону аэрации компактных установок она должна пройти механическую очистку.

Эффективность очистки сточных вод на компактных канализационных установках заводского изготовления зависит от правильности устройства и эксплуатации сооружений, от систематичности технического надзора за их эксплуатацией и периодического (минимум 1 раз в 1 мес) санитарно-гигиенического контроля. Ежедневно наблюдает за работой компактных установок обученный механик-оператор или электрослесарь.

При правильном устройстве и эксплуатации всей конструктивной схемы с компактными канализационными установками на полное окисление (рис. 49)

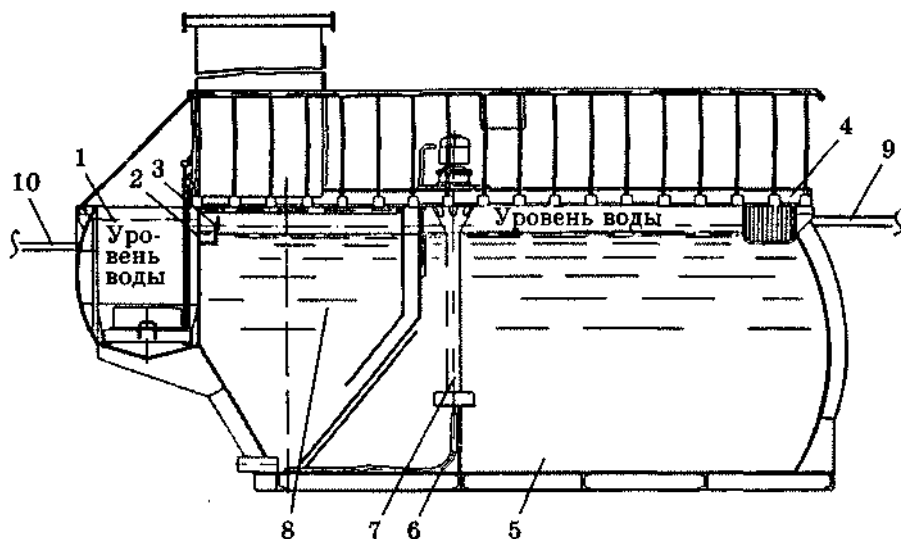


Рис. 49. Схема компактной установки типа УКО-25:

1 — электрообеззараживающая установка; 2 — корпус блока; 3 — лоток для сбора осветленной воды; 4 — мостик; 5 — зона аэрации; 6 — трубопровод возвратного ила; 7 — импеллерный аэратор; 8 — зона освещения; 9 — трубопровод для подачи сточной воды; 10 — трубопровод для отведения очищенной воды

качество биологически очищенной сточной воды должно отвечать показателям, приведенным в табл. 23.

Наши исследования по гигиенической оценке компактных установок заводского изготовления дали возможность рекомендовать оценочную шкалу (табл. 24) эффективности очистки сточных вод в этих установках и доочистки биологически очищенных сточных вод на сооружениях третичной очистки по бактериологическим показателям.

Аэротенки-осветлители колонного типа конструкции НИКТИ ГХ.

В системах малой канализации для биологической очистки сточных вод, малых в том числе, сельских населенных пунктов и отдельно расположенных объектов особенно актуальным является применение аэротенков-осветлителей колонного типа. Новую технологию процесса очистки сточных вод в аэротенках-осветлителях колонного типа разработали в НИКТИ ГХ Украины (Киев). Канализационное сооружение имеет вид вертикального резервуара круглой или прямоугольной в плане формы (рис. 50). При помощи системы перегородок сооружение разделяется на зоны аэрации, освещения, дегазации и рециркуляции. Зона освещения в виде ярусов расположена по всей высоте сооружения и значительно превышает по объему зону аэрации. Последняя является практически камерой насыщения ило-водяной смеси кислородом воздуха. Образование ярусного взвешенного слоя активного ила с развитой суммарной поверхностью дало возможность интенсифицировать процесс очистки в сооружении и реализовать эффект, который обеспечивается биосорбцией

микроорганизмами активного ила. Благодаря значительной гидравлической пропускной способности биологически очищенная сточная вода после кратковременного контакта с илом фильтруется с большой скоростью через взвешенный слой активного ила и выводится из зоны аэрации. Окисляются загрязнения во время пребывания активного ила в зоне аэрации.

Следовательно, аэротенк-осветлитель колонного типа можно рассматривать как ферментер, который работает по принципу хемостата с внутренним содержанием биомассы. Многоярусный взвешенный слой активного ила в сооружении выполняет роль реактора. В нем одновременно происходят процессы сорбции органических веществ на частицах активного ила, их окисление и отделение ила из ило-водяной смеси. Соединение в единый технологический

ТАБЛИЦА 23

Показатели эффективности работы компактных канализационных установок заводского изготовления

Показатель	Биологически очищенная	Биологически очищенная обеззараженная сточная вода	Грунтовая вода после фильтрационно обогатительных сооружений (ФОС)
Взвешенные вещества, мг/л	< 5	< 2	< 1
БПК ₅ , мг O ₂ /л	< 10	< 6	< 2
ХПК, мг O ₂ /л	< 30	< 25	Не должна увеличиваться на 2—3 мг/л
Растворенный кислород, мг O ₂ /л	4	> 4	—
Микробное число	< 10 000	< 1000	200—300
Коли-индекс	< 10 000	< 1000	< 10
Патогенные бактерии, ед/л	< 1000	0	0
Остаточный активный хлор, мг/л	—	1,5	—

ТАБЛИЦА 24

Оценочная шкала эффективности очистки сточных вод на компактных (малогабаритных) канализационных установках заводского изготовления и сооружениях третичной очистки сточных вод по бактериологическим показателям

Характеристика работы сооружений	Эффективность очистки					
	Общее количество сапрофитных бактерий		Количество бактерий группы кишечной палочки		Кишечные вирусы	
	Сточная вода, очищенная на компактных установках	Третично очищенная сточная вода	Сточная вода, очищенная на компактных установках	Третично очищенная сточная вода	Сточная вода, очищенная на компактных установках	Третично очищенная сточная вода
Хорошая	99 и выше	99 и выше	99 и выше	99 и выше	95	99,9
Удовлетворительная	99—95	99—95	99—95	99—95	85	99,9
Неудовлетворительная	< 95	< 95	< 95	< 95	< 80	< 99,9

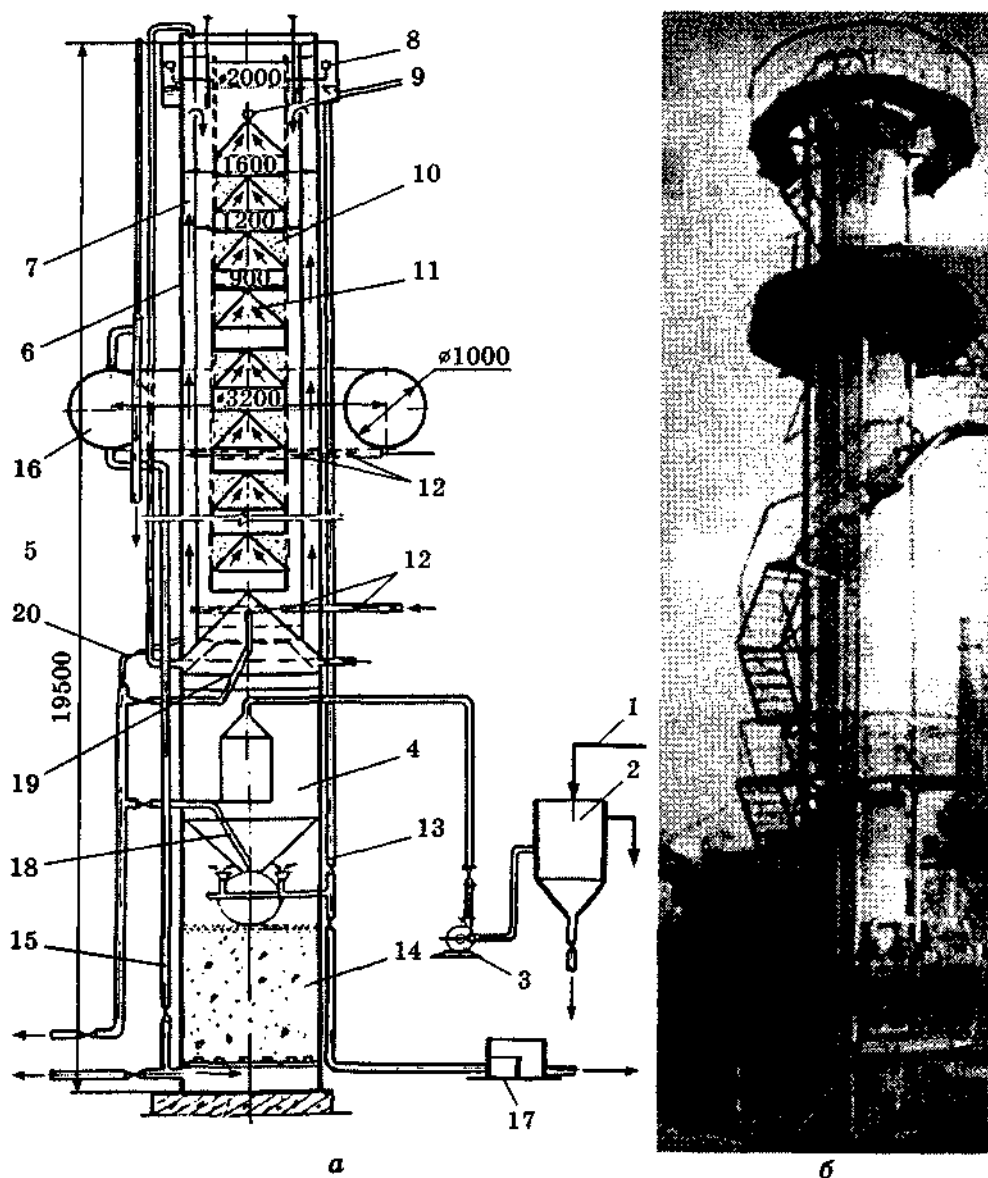


Рис. 50. Технологическая схема и общий вид опытного аэротенка-осветлителя колонного типа комбинированной конструкции:

a — технологическая схема: 1 — трубопровод для подачи сточной воды; 2 — улавливатель песка; 3 — насос; 4 — напорный первичный отстойник; 5 — трубопровод для осветленной воды; 6 — колонный аэротенк; 7 — зона аэрации; 8 — чаша для сбора очищенной воды; 9 — переливные окна; 10 — зона осветления; 11 — конус для сбора очищенной воды; 12 — аэраторы; 13 — трубопровод для отведения очищенной воды; 14 — фильтр доочистки; 15 — трубопровод для доочищенной воды; 16 — бак для промывной воды; 17 — измерительный бак; 18 — трубопровод для отведения сырого осадка; 19 — трубопровод для отведения всплывающих загрязнений; 20 — трубопровод для отбора избыточного ила; *б* — общий вид

процесс фаз изъятия, окисления и распределения иловой смеси во взвешенном слое активного ила дает возможность считать этот процесс самостоятельной стадией очистки.

Принцип работы аэротенка-осветлителя колонного типа состоит в следующем: осветленная в первичном отстойнике (4) сточная вода поступает в зону аэрации установки (7). Там она аэрируется и смешивается с активным илом. Насыщенная кислородом иловая смесь с верхней части зоны аэрации через переливные окна (9) поступает в ярусную камеру осветления (10). Там она фильтруется через взвешенный слой активного ила, поднимается вверх и отводится по трубопроводу (13) из установки или на фильтр доочистки (14). Доочищенная сточная вода по трубопроводу (15) отводится из установки на следующий этап (сбрасывание в водоем).

По такому же принципу работают и аэротенки-осветлители колонного типа блочно-модульной конструкции со струйной аэрацией, также аэротенк-осветлитель коридорного типа (рис. 51).

Компактные очистные сооружения с биобарабанами предназначены для небольших объемов сточных вод. Это сооружения с фиксированной и свободно плавающей микрофлорой. Этот метод очистки сточных вод получил значительное распространение на станциях с разной производительностью, в том числе на малых объектах, в частности в сельской местности. Преимущество его состоит в том, что закрепленные на биобарабанах микроорганизмы не выносятся из сооружений во время колебания состава сточных вод, поступающих в установки, а также при наличии в стоках токсических примесей. В отличие от аэротенков, такие сооружения характеризуются высоким стойким эффектом очистки сточных вод, быстрым удалением загрязнений, меньшей материалоемкостью.

Погружные биофильтры новой конструкции — биобарабаны со стеклоершовой загрузкой для закрепления микроорганизмов — предложил Макеевский инженерно-строительный институт. Они имеют значительную сорбционную поверхность (1500 м² на 1 м³ объема биобарабана, что на порядок больше, чем у биодисков) и большее количество микрофлоры (до 15 кг на 1 м³ объема биобарабана). Это обеспечивает высокую стойкость очистного сооружения к качеству загрязняющих веществ, которые поступают со сточными водами. Очистка сточных вод на предложенном сооружении характеризуется интенсивным течением процессов минерализации органических веществ. Об этом свидетельствует уменьшение БПК₅ на 91,07%, содержания взвешенных частиц — на 97,41%, СПАВ — на 94,77%, нефтепродуктов — на 97,55%, фосфатов — на 27,71%, сапрофитной микрофлоры — на 84,21%, повышение коли-титра — на 99,57%, уменьшение количества азота аммонийного — на 75,51%. При этом содержание сульфатов, хлоридов и жесткость сточных вод не изменяются. В то же время сточные воды, очищенные на сооружениях с биобарабанами, подлежат обязательному обеззараживанию. Для достижения эффективной очистки сточных вод носители иммобилизованных клеток бактерий должны иметь большую удельную поверхность сорбции, осуществлять малое гидравлическое сопротивление потоку движущейся жидкости и быть недорогими. Таким требованиям

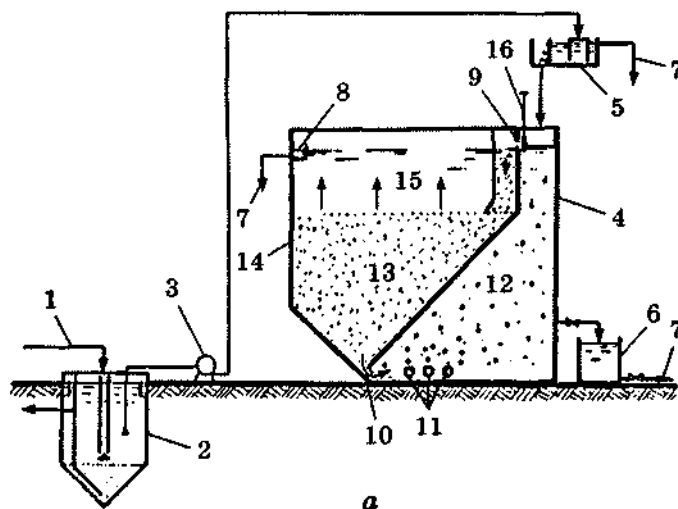


Рис. 51. Технологическая схема и общий вид опытного аэротенка-осветлителя коридорного типа:

a — технологическая схема установки: 1 — трубопровод для подачи сточной воды; 2 — первичный отстойник; 3 — насос; 4 — аэротенк-осветлитель; 5 — бак для регулирования расхода; 6 — бак для измерения избыточного ила; 7 — переливной трубопровод для отведения сточной воды; 8 — лоток для сбора очищенной воды; 9 — переливные окна; 10 — рециркуляционная щель; 11 — аэраторы; 12 — зона аэрации; 13 — зона осветления; 14 — граница взвешенного слоя; 15 — защитный слой очищенной воды; 16 — шибер; *б* — общий вид

отвечают пенополиуретан, щебень, гравий, керамзит, изделия из стекловолокна. Как свидетельствуют исследования, указанный спектр носителей сорбирует в среднем до 80% бактериальных клеток. По уменьшению адсорбционных свойств эти материалы могут быть размещены в следующем порядке: керам-

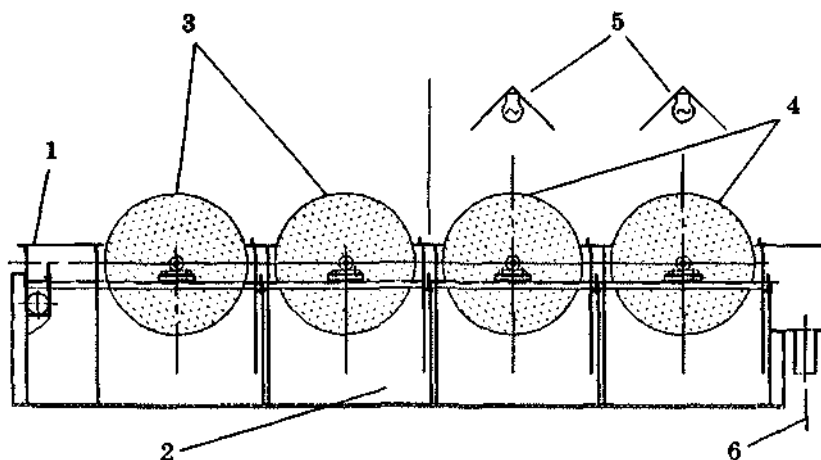


Рис. 52. Схема биологической очистки и доочистки сточных вод в автоматической станции "Симбиотенк":

1 — выпуск сточной воды; 2 — симбиотенк; 3 — полупогружные диски с иммобилизованной микрофлорой; 4 — полупогружные диски с сине-зелеными водорослями; 5 — лампы; 6 — выпуск очищенной сточной воды

зит — пенополиуретан — ерши из стекловолокна. В этой системе биологической очистки вместе с бактериями участвуют и ресничные простейшие, способствующие флокуляции бактерий и минерализации органических соединений.

Автоматическая станция "Симбиотенк" (рис. 52) является компактным комбинированным сооружением аэробной биологической очистки сточных вод. В симбиотенке формируется биоценоз, представленный авто- и гетеротрофной микрофлорой и микроводорослями, иммобилизованными на полупогружных дисках заключительных модулей сооружения. Благодаря жизнедеятельности микроскопических организмов родов *Chlorella*, *Ankistrodesmus* и *Scenedesmus*, компактно иммобилизованных на дисках, происходят в единой технологической цепи процессы деструкции органических загрязнений сточных вод, их нитрификация и удаление биогенных элементов. Кроме того, биоценоз симбиотенка обладает высокой антимикробной активностью благодаря продуцированию так называемых вторичных антимикробных соединений — гекса- и октадекатереновых жирных кислот.

Качество сточных вод, прошедших сооружение, отвечает требованиям, при соблюдении которых их можно сбрасывать в естественные водоемы. Высокая эффективность очистки и доочистки сточных вод, простота конструкции, минимальное количество обслуживающего персонала, долговечность и надежность в работе автоматической станции "Симбиотенк" свидетельствуют о перспективности применения экологически чистой и энергосберегающей технологии в системе малой канализации населенных пунктов.

Теоретические основы биологической очистки сточных вод в почве.

В большой части сооружений, моделирующих процессы самоочищения в почве, биологическая очистка сточных вод происходит в слое естественной почвы.

В поверхностном слое почвы происходит биологическая очистка сточных вод на полях фильтрации и орошения. В глубоких слоях почвы — на площадках подземной фильтрации, в фильтрующих траншеях, фильтрующих колодцах. Основными задачами таких сооружений по очистке бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод являются:

- обеспечение быстрого и эффективного разрушения органических соединений путем их минерализации и гумификации;
- освобождение сточных вод от патогенных бактерий, энтеровирусов, яиц гельминтов путем их поглощения (сорбции) и дальнейшего отмирания под влиянием естественных факторов самоочищения фильтрующего слоя почвы;
- предотвращение загрязнения грунтовых вод патогенными микроорганизмами и химическими веществами;
- предотвращение накопления химических веществ в почве в концентрациях, влияющих на процессы самоочищения или опасных с точки зрения накопления их в растениях;
- предотвращение загрязнения почвенного и атмосферного воздуха.

Решают эти задачи путем правильного выбора гидравлической нагрузки сточных вод на почву. Это очень важно, так как с гигиенической точки зрения, почва является ведущим фактором, влияющим на скорость поглощения, обезвреживания и передвижения микробных и химических загрязнений.

Поскольку все растворенные и взвешенные в воде ингредиенты загрязнений могут мигрировать в почве только с почвенной влагой, важно знать, с участием какой почвенной влаги это происходит. Влага в почве может находиться в форме: *гигроскопичной влаги*, конденсирующейся на поверхности почвенных частиц; *пленочной воды*, удерживающейся на поверхности почвенных частиц под действием молекулярных сил; *капиллярной воды*, находящейся в капиллярах между почвенными частицами и удерживающейся силой поверхностного натяжения водяных менисков, и, наконец, *свободной гравитационной воды*, находящейся под влиянием только силы тяжести или гидростатического напора и заполняющей крупные (не капиллярные) промежутки почвы. Вода может находиться в почве сразу во всех четырех формах или только в трех, двух или даже в одной форме — гигроскопической влаги, что наблюдается при чрезмерном высыхании почвы. Из всех четырех форм важное гигиеническое значение имеет капиллярная и свободная гравитационная влага почвы. Именно с этой влагой перемещается основная часть бактериальных и химических загрязнений в почве.

Рассмотрим эти явления на примере площадки подземной фильтрации. В начальной стадии увлажнения почвы сточная вода, попавшая в почву через пропилены подземной оросительной сети, под действием капиллярных сил и силы тяжести продвигается во все стороны, увлажняя почву и образуя так называемое тело смачиваемости. В начале его образования нижний край продвигается вниз сравнительно медленно, так как сточная вода, попавшая в почву, растекается по капиллярам в большом объеме почвы. На форму и величину тела смачиваемости влияет ряд факторов. Например, при глубоком залегании грунтовых вод и незначительном поступлении воды к телу смачиваемости поступ-

ление воды может компенсироваться испарением. В таком случае тело смачиваемости перестает увеличиваться и смоченная почва как бы подвешивается в толще фильтрующего слоя. Такое явление чаще всего наблюдается в условиях жаркого климата при значительном дефиците влаги и глубоком залегании грунтовых вод.

С гигиенических позиций почву важно орошать таким образом, чтобы влага распространялась в ней как инфильтрационная, что обеспечивает разрыв гидравлической связи между телом смачиваемости и зоной капиллярного поднятия грунтовых вод. Е.И. Гончарук доказал, что в потоке грунтовых вод, медленно передвигающихся, минерализация органических веществ завершается в течение 400 сут, а санитарно-показательные микроорганизмы гибнут через 200 сут.

Органические вещества в виде белков, жиров, углеводов животного и растительного происхождения, а также продуктов их обмена, попавшие в почву со сточными водами, разрушаются и превращаются в неорганические вещества (процесс минерализации) или из органических веществ, сточных вод, синтезируется новое органическое вещество почвы — гумус (процесс гумификации). Процессы минерализации и гумификации органических веществ, сточных вод в почве являются очень сложными. В реальных условиях они протекают параллельно и одновременно под влиянием большого количества организмов, входивших в состав биоценоза почвы. Главную роль в этих процессах играют аэробные и анаэробные микробы почвы. Кроме микробов, в этих процессах принимают участие актиномицеты, грибы, простейшие и растения. Микроорганизмы, которые разрушают и синтезируют органическое вещество при использовании почвенных методов очистки сточных вод, имеют двойное происхождение: одна их часть поступает в почву со сточными водами, а вторая — это бактериальная флора собственно почвы, приспособившаяся к определенным условиям существования.

По данным Т.С. Ремизовой, в 1 мл бытовой сточной воды содержатся сотни миллионов бактерий. Численность микроорганизмов бактериальной флоры чистой почвы, по данным Е.М. Мишустина и М.И. Перцовской, в различных почвах стран СНГ колеблется от 175 тыс. до 8,5 млн в 1 г почвы. После поступления в почву бытовых сточных вод количество бактерий достигает миллиардов в 1 г почвы. В частности, С.М. Строгановым установлено, что общее количество бактерий на Люберецких полях орошения составляло 7 млрд в 1 г почвы.

Наибольшее количество бактерий в почве содержится в поверхностном ее слое глубиной от 0,1 до 0,2 м. Этот наиболее активный слой почвы под 1 м² поверхности занимает объем почвы 0,2 м³, или 200 дм³. При плотности почвы 2 кг/дм³ масса этого слоя имеет 400 кг, или $4 \cdot 10^5$ г. Поскольку в 1 г почвы полей орошения или фильтрации содержится в среднем $5 \cdot 10^9$ бактерий, то число бактерий в такой массе почвы составит: $5 \cdot 10^9 \times 4 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^{15}$. При диаметре бактерии 2 мкм ($2 \cdot 10^{-3}$ мм), площади поверхности одной бактериальной клетки ($S = 4\pi r^2$), равной $1,2 \cdot 10^{-15}$ мм², суммарная поверхность биоценоза почвы составит — $2 \cdot 10^{15} \times 1,2 \cdot 10^{-15} = 2,4 \cdot 10^{10}$ мм² или $2,4 \cdot 10^4$ м², или 2,4 га. Поданным О.П. Селиванова, общая поверхность частиц такого активного рабочего

слоя почвы толщиной 0,2 м под 1 м² поверхности составляет 2,5 га. Иначе говоря, почти вся поверхность частиц почвы занята бактериями.

Таким образом, сточная вода, попадая на 1 м² поверхности почвы, контактирует во время фильтрации через слой 0,2 м с поверхностью частиц почвы 2,5 га и поверхностью микроорганизмов 2,4 га. Такая огромная активная поверхность фильтрующего слоя почвы обеспечивает относительно быстрое и надежное поглощение и обезвреживание органических веществ, содержащихся в сточных водах. Несмотря на сложность процесса поглощения и разрушения органического вещества, его можно схематически представить следующим образом.

Попав на поверхность почвы или в ее толщу, взвешенные, коллоидные и растворенные органические вещества, бактерии, вирусы, яйца геогельминтов, содержащиеся в сточных водах, начинают поглощаться по мере продвижения в фильтрующем слое почвы. Такое поглощение связано с механической, физической, физико-химической, химической и биологической поглотительной способностью почвы. Интенсивность поглощения указанных ингредиентов тем выше, чем более мелкие фракции почвы. Она возрастает по мере заиливания промежутков между ними при одновременном снижении коэффициента фильтрации, то есть скорости, с которой вода продвигается в почве в вертикальном направлении под действием силы тяжести. Имеются данные о том, что разные ингредиенты неодинаково удерживаются почвой. Так, глубже всех продвигаются хлориды и нитраты, в меньшей степени — нитриты, аммиак и растворенные органические вещества; еще меньше — бактерии, вирусы, яйца геогельминтов. В целом большинство химических загрязнителей продвигаются в почве в 1,5 раза, а большинство бактериальных загрязнений — в 2—2,5 раза медленнее, чем вода. В то же время установлено, что синтетические детергенты моющих средств, содержащиеся в бытовых сточных водах, очень слабо поглощаются почвой и легко проникают в грунтовые воды. При этом они способствуют и более глубокому проникновению в толщу почвы бактерий и вирусов. Одновременно с поглощением химических веществ (взвешенных, коллоидных и растворенных) происходит распад поглощенных почвой органических соединений благодаря процессам минерализации и гумификации.

В процессе биологической очистки сточных вод почвенными методами выделяют два периода: биологического созревания фильтрующего слоя почвы и биохимического окисления загрязнений.

Период биологического созревания фильтрующего слоя почвы — это время, в течение которого поверхность частичек фильтрующего слоя почвы (наиболее активного 0,2 м) покрывается биологической пленкой. Эта биопленка представлена в основном биоценозом микроорганизмов, наиболее приспособленным к определенным конкретным условиям (качеству сточных вод, гидравлической нагрузке, температуре, pH и др.). Этот период, по данным Е.И. Гончарука, длится от 5—6 мес до 1 года.

В первые дни периода биологического созревания взвешенные вещества, коллоиды и другие фракции сточных вод, в том числе микроорганизмы, задерживаются в фильтрующем слое почвы главным образом благодаря ее механи-

ческой, физической, физико-химической и химической поглотительной способности. Вследствие этих процессов концентрация загрязнений в фильтрате сточной воды уменьшается, а на поверхности частиц фильтрующего слоя почвы увеличивается. Дальнейшее накопление органической субстанции, а также накопление и размножение аэробных микроорганизмов на поверхности частиц наиболее активного фильтрующего слоя почвы приводит к их обрастанию биопленкой. Благодаря развивающейся биопленке к физико-химическим сорбционным процессам присоединяются очень интенсивные процессы биологической сорбции органических загрязнений сточной воды, получившие название биосорбции.

Биосорбция является ведущим механизмом биохимической очистки сточных вод в почве. Сорбированные биопленкой органические вещества сточных вод подвергаются биохимическому распаду под влиянием экзо- и эндоферментов аэробных микроорганизмов. Вследствие этого белки, жиры, углеводы и продукты их обмена преобразуются в гумус — новое, синтезированное микроорганизмами, органическое вещество почвы, CO_2 , H_2O , нитраты, сульфаты и фосфаты. Процесс протекает с выделением значительного количества тепла. При почвенных методах очистки сточных вод основное значение имеет процесс минерализации. Гумификация оказывает незначительное действие на распад органического вещества сточных вод. Механизм этого процесса очень сложный и не полностью изучен. Детальнее процессы минерализации и гумификации органических загрязнений в почве рассмотрены в разделе III.

Одновременно с биологической очисткой в почве происходит обеззараживание сточных вод. Под действием механического фактора, поверхностной энергии и электрохимических взаимоотношений в почве происходит поглощение бактерий. Интенсивность такого поглощения зависит от размеров почвенных частиц, вида бактерий, их подвижности, pH среды и других условий. В процессе фильтрации сточных вод промежутки между твердыми частицами почвы заполняются биопленкой. Поглотительная способность почвы при этом повышается, а проницаемость для бактерий снижается. Часть микроорганизмов сточных вод после поглощения биопленкой почвы выживает и входит в состав биоценоза почвы как активный участник микробиологических процессов. Часть микроорганизмов отмирает под влиянием различных внешних факторов и агентов биологического характера, освобождая сорбционную поверхность почвы.

Важным условием, влияющим на жизнеспособность поглощенной сапрофитной и патогенной кишечной микрофлоры, является антагонизм простейших и других сапрофитных микроорганизмов почвы. Бактерии тифозно-паратифозной группы, группы кишечной палочки и другие представители кишечной микрофлоры разрушаются бактериофагами и антимикробными соединениями, вырабатываемыми как микроорганизмами почвы, так и другими высокоорганизованными организмами, в том числе растениями и животными. Заметная роль в обеззараживании микроорганизмов, попадающих в почву со сточными водами, принадлежит ферментам как собственно сточных вод, так и образуемым вследствие процессов обмена веществ различной почвенной флоры и фауны.

Среди факторов, ускоряющих отмирание патогенных бактерий в почве, определенное место занимают недостаток питательных веществ, аэрация, колебание температуры. В естественных условиях, безусловно, действует обычно комплекс всех перечисленных факторов и от их влияния зависит большая или меньшая продолжительность жизни бактерий, поступающих в почву со сточными водами.

Яйца геогельминтов, попадая в почву, со временем отмирают. Но продолжительность их выживания в почве, по данным Н.А. Романенко, составляет 7—10 лет.

Используя естественную почву для биологической очистки сточных вод, следует предотвратить накопление химических веществ в почве в концентрациях, опасных для загрязнения грунтовых вод, атмосферного воздуха, растений и самоочищающей способности почвы. Этого достигают путем предотвращения внесения в почву вместе со сточными водами химических веществ в количествах, превышающих адаптационную возможность почвы.

Биологические фильтры (рис. 53) являются сооружениями, в которых процесс биологической очистки сточных вод протекает в искусственно созданных условиях. Конструируют биофильтры двух типов: *периодического* (контактного) и *непрерывного действия*. Вследствие малой мощности и высокой стоимости контактные биофильтры сегодня не применяют. Биофильтры непрерывного действия по мощности подразделяют на капельные и высоконагружаемые. По способу аэрации, биофильтры устраивают с естественной и искусственной (аэрофильтры) аэрацией. Окислительная мощность биофильтров (*количество кислорода в граммах, которое может быть получено с 1 м^3 фильтрующей загрузки сооружения для снижения БПК сточкой воды*) с естественной и искусственной аэрацией приведена в табл. 25.

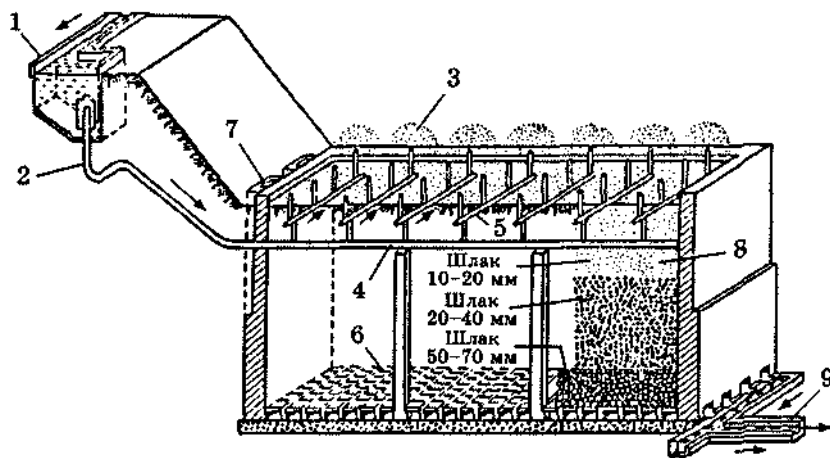


Рис. 53. Биологический фильтр:

1 — дозирующий бак; 2 — сифон; 3 — спринклеры; 4 — магистральная труба; 5 — распределительные трубы; 6 — дренаж из плиток; 7 — каналы для поступления воздуха в дренаж; 8 — загрузка фильтра из шлака (другого материала); 9 — канал для отведения очищенной воды

Окислительная мощность биофильтров

Среднегодовая температура воздуха, °С	Окислительная мощность на 1 м ³ загрузки, г/сут			
	При размещении в отапливаемых помещениях		Для открытых биофильтров и размещенных в неотапливаемых помещениях	
	Биофильтры	Аэрофильтры	Биофильтры	Аэрофильтры
До 3	200	400		
3—6	250	500	150	400
6—10			250	500
Свыше 10			300	600

Капельные биофильтры — биофильтры, действующие непрерывно. В зарубежной практике их еще называют оросительными, или перколяторными. Капельные биофильтры рекомендуют проектировать пропускной способностью не более 1000 м³/сут. Они предназначены для полной биологической очистки сточной воды (до БПК₂₀ 15 мг О₂/л). *Высоконагружаемые биофильтры* — биофильтры с искусственной аэрацией. В отечественной практике их используют с 1929 г. под названием аэрофильтров. В США такие биофильтры под названием высоконагружаемых появились в 1936 г.

Капельный биофильтр имеет вид водонепроницаемого резервуара круглой, прямоугольной или квадратной в плане формы, изготовленного из железобетона. Над цельным водонепроницаемым дном устраивают дренаж, на который насыпают фильтрующий материал (гравий, щебень и т. п.). Над этим слоем размещают распределительные устройства. Поверхность капельного биофильтра орошается сверху равномерно через небольшие промежутки времени. При этом сточная вода на поверхность фильтрующего материала попадает в виде капель, струи (капельные или оросительные) или тонкого слоя воды (перколяторные).

В отечественной практике в капельные биофильтры вода поступает естественным путем — сверху через открытую поверхность биофильтра и снизу через дренаж. Капельные биофильтры рассчитаны на низкие гидравлические нагрузки (не более 0,5—1 м³ сточной воды на 1 м³ фильтрующего материала), а также меньший по сравнению с высоконагружаемыми биофильтрами размер фракций загрузки (20—40 мм).

Биофильтр работает следующим образом. Осветленная в первичных отстойниках сточная вода самотеком (или под давлением) поступает в распределительные устройства, которые периодически напускают воду на поверхность фильтрующей загрузки биофильтра. Проходя через фильтрующую загрузку биофильтра, загрязненная вода вследствие адсорбции освобождается от взвешенных и коллоидных органических веществ, которые не задержались в первичных отстойниках. На поверхности фильтрующего материала вследствие адсорбции образуется пленка, интенсивно заселенная микроорганизмами. Микроорганизмы биопленки окисляют органические вещества и получают необхо-

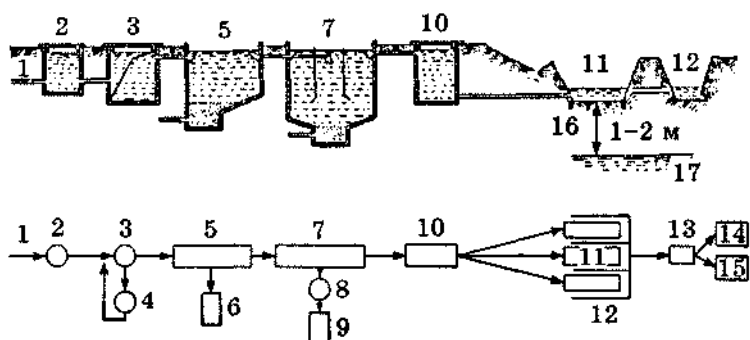


Рис. 54. Схема очистки сточных вод с большими полями фильтрации:

1 — канализационный коллектор; 2 — канализационный колодец; 3 — решетка; 4 — устройство для измельчения; 5 — песколовка; 6 — песковые площадки; 7 — отстойник; 8 — метантенк; 9 — иловые площадки; 10 — распределительный колодец; 11 — карта полей фильтрации; 12 — дренаж; 13 — биологический пруд; 14 — выпуск в водоем; 15 — использование воды для технических нужд; 16 — фильтрующий слой; 17 — грунтовые воды

димую для жизнедеятельности энергию. Часть растворенных органических веществ микроорганизмы используют в качестве пластического материала для увеличения своей массы. Следовательно, со сточной воды, которая фильтруется через загрузку биофильтра, удаляются органические вещества, а в теле биофильтра увеличивается масса активной биологической пленки. Отработанная и отмершая биологическая пленка смывается сточной водой и выносится за пределы биофильтра.

Сточная вода, профильтрованная сквозь толщу фильтрующей загрузки биофильтра, проходит через отверстия (дренажи) в дырчатом дне, собирается на цельном водонепроницаемом днище, а оттуда стекает по отводным лоткам, расположенным за пределами биофильтра, и подается во вторичные отстойники. Там задерживается биологическая пленка, которая выносится из биофильтра вместе с биологически очищенной сточной водой. Эффект очистки биофильтров такого типа может достигать по БПК₂₀ 90% и более.

Поля фильтрации — предназначены исключительно для полной биологической очистки сточных вод. Это земельные участки, на которых происходит распределение и фильтрация через почву сточных вод (рис. 54). Их надлежит устраивать на песках, супесках и легких суглинках. Продолжительность отстаивания сточных вод перед подачей на поля фильтрации должна составлять не менее 30 мин.

Земельные участки под поля фильтрации должны быть со спокойным или слабо выраженным рельефом с наклоном до 0,02. Их надлежит размещать по течению грунтовых вод ниже водозаборных сооружений из межпластовых водоносных горизонтов на расстоянии, которое должно соответствовать радиусу

Схемы полей фильтрации и орошения подробно описаны в монографии — Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко, Т.Н. Хрушова, В.И. Циприян "Гигиенические основы почвенной очистки сточных вод" (М: Медицина, 1976 г.).

зоны депрессии вокруг артезианской скважины, но не менее 200 м для легких суглинков, 300 м — для супесков и 500 м — для песков.

Пр» размещении полей фильтрации выше течения грунтовых вод, их расстояние до водозаборных сооружений из межпластовых водоносных горизонтов надлежит определять с учетом гидрогеологических условий и требований санитарно-эпидемиологической службы. Не разрешается устраивать поля фильтрации на территориях, граничащих с местами выклинивания водоносных горизонтов, а также при наличии трещиноватых пород и карст, не перекрытых водоупорным слоем.

Поля орошения (рис. 55, 56, 57) предназначены одновременно для очистки и утилизации сточных вод, как источника влаги и питательных веществ, при выращивании сельскохозяйственных культур.

Природные почвы, особенно на пахотных землях, заселены различной микрофлорой, способной в процессе питания разрушать, минерализовать и нитрифицировать органические вещества. Во время орошения микрофлора полей дополнительно обогащается значительным количеством микроорганизмов, которые вносятся со сточными водами. Эти микроорганизмы энергично размножаются, так как сточные воды непрерывно доставляют питательные вещества, увлажняют и согревают почву. Благодаря этому даже "мертвые" почвы под влиянием орошения сточными водами превращаются в плодородные. Попадая в почву, микроорганизмы адсорбируются, размножаются и образуют вокруг каждой структурной частицы сплошную биологическую пленку. На поверхности этой пленки в свою очередь адсорбируются и в процессе жизнедеятельности микроорганизмов минерализуются растворимые органические вещества сточных вод.

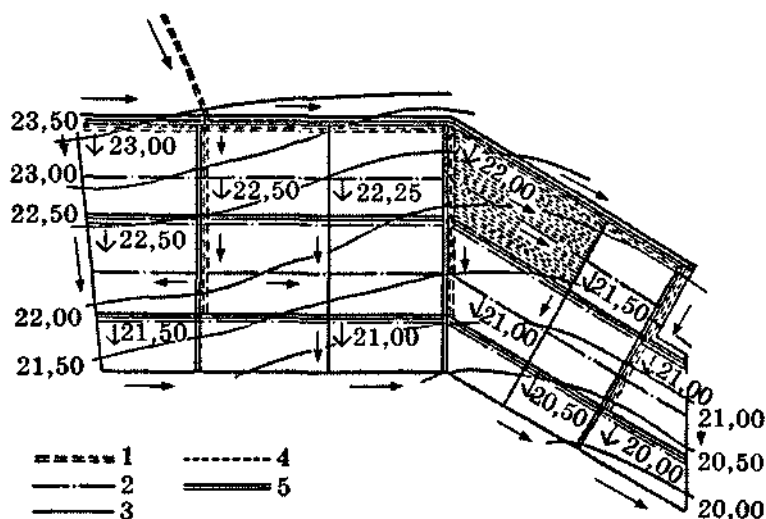


Рис. 55. Схема полей орошения:

1 — магистральные и распределительные каналы; 2 — картовый ороситель; 3 — осушительные каналы;
4 — дренаж; 5 — дороги

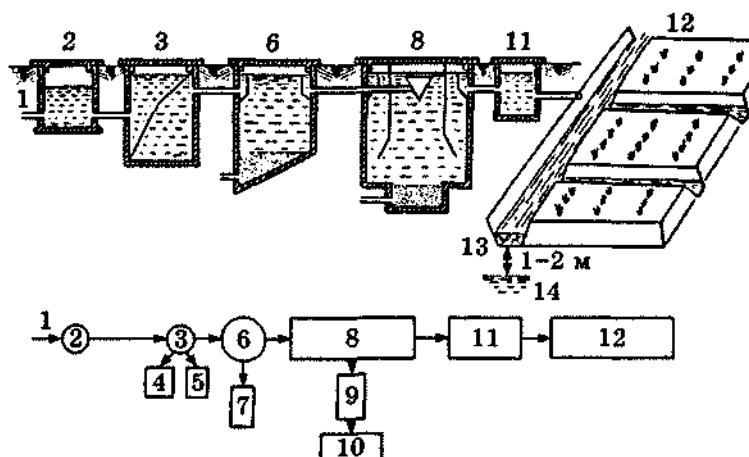


Рис. 56. Схема очистки сточных вод с сельскохозяйственными полями орошения:

I — канализационный коллектор; 2 — канализационный колодец; 3 — решетка; 4 — приспособление для измельчения; 5 — вывоз отходов в места общего обезвреживания (усовершенствованные полигоны); 6 — песколовка; 7 — площадка для песка; 8 — отстойник; 9 — метантенк; 10 — площадки для ила; II — распределительный колодец; 12 — карты сельскохозяйственных полей орошения; 13 — фильтрующий слой; 14 — грунтовые воды

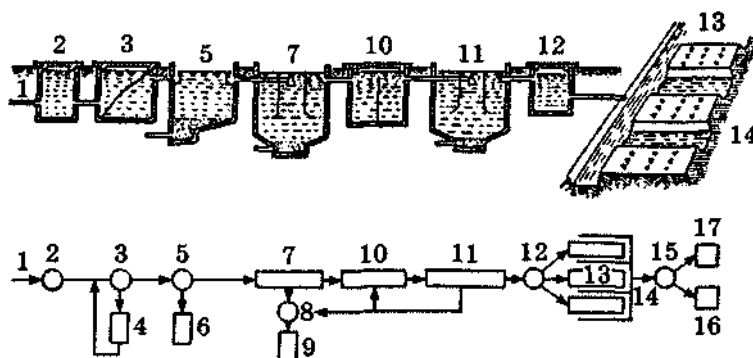


Рис. 57. Схема третичной очистки сточных вод с использованием больших полей орошения:

1 — канализационный коллектор; 2 — канализационный колодец; 3 — решетка; 4 — устройство для измельчения; 5 — песколовка; 6 — площадка для песка; 7 — отстойник; 8 — метантенк; 9 — площадки для ила; 10 — аэротенк; 11 — вторичный отстойник; 12 — распределительный колодец; 13 — карты полей орошения; 14 — дренаж; 15 — биологический пруд; 16 — выпуск в водоем; 17 — использование воды для технических нужд

Для успешного течения биологической очистки на полях орошения наиболее важными являются два фактора: 1) соблюдение аэробных условий процесса за счет кислорода воздуха, содержащегося в порах почвы; 2) соответствие количества сточной воды, подаваемой на поля, способности почвы к минерализации. Количество сточной воды, подаваемой одновременно на поля, должно соответствовать влагоемкости почвы, которая выражается общим объемом заполненных воздухом пор почвы.

Расчетная гидравлическая нагрузка сточных вод на поля орошения выражается в кубических метрах сточной воды на 1 га поля в сутки. Она изменяется, согласно СНиП 2.04.03-85, в зависимости от фильтрующей способности почвы. Для полей орошения, кроме того, оросительная норма сточных вод ограничивается интересами вегетации растений. Дыхание корневой системы не может происходить в условиях чрезмерной влажности, поэтому нагрузку на поля орошения уменьшают вдвое по сравнению с полями фильтрации.

В зависимости от характера почвы (легкие суглинки, супески, пески), температурных условий и уровня залегания грунтовых вод от поверхности земли эти нормы нагрузки могут составлять соответственно от 55 до 100 м³/га, от 80 до 150 м³/га и от 120 до 250 м³/га.

В районах, где среднегодовое количество атмосферных осадков колеблется от 50 до 700 мм, гидравлическая нагрузка на поля снижается на 15—20%; свыше 70 мм, а также для I и IIIА климатического региона — на 25—30%. При этом больший процент снижения нагрузки следует принимать на легких суглинистых, а меньший на песчаных почвах.

Иногда площадь полей орошения (фильтрации) проверяют на намораживание сточных вод. Продолжительность его рассчитывают, исходя из количества дней в году со среднесуточной температурой воздуха ниже -10 °С. Условия фильтрации сточных вод в этом случае определяются с учетом коэффициента снижения величины фильтрации в период намораживания. Для легких суглинков этот коэффициент составляет 0,3, для супесков — 0,48, для песков — 0,55.

Поля орошения (фильтрации) разбивают на карты. Площадь одной карты при механизированной обработке поля должна быть не менее 1,5 га. В каждом случае размеры оросительных карт определяют в зависимости от рельефа местности, общей рабочей площади полей, способа обработки. Отношение ширины карты к ее длине должно составлять от 1:2 до 1:4. При соответствующем обосновании длину карт можно увеличить.

Площадь резервных карт обосновывают в каждом отдельном случае. Она не должна превышать полезной площади полей фильтрации, которые проектируются в III—IV климатическом районе, на 10%, во II — на 20% и в I — на 25%.

Размеры полей орошения (фильтрации) увеличиваются дополнительно для устройства сетей, дорог, ограждающих валков, зеленых насаждений из расчета до 25% общей площади полей фильтрации свыше 100 га и до 35% — 1000 га и менее.

При полях орошения (фильтрации) нужно предусмотреть устройство душевой, помещений для высушивания спецодежды, отдыха, приема пищи персоналом. На каждые 75—100 га площади полей следует предусмотреть помещения для обогрева персонала, обслуживающего поля фильтрации.

Благодаря опыту эксплуатации (устройства в 30-х годах XX ст.) полей орошения на черноземах Харькова, Магнитогорска, по данным научных агрохимических исследований Н.М. Величкиной, была установлена пригодность этих почв для полной биологической очистки сточных вод.

Вместе с тем следует отметить, что со времени появления в нашей стране первых полей орошения сточными водами, значительные изменения произошли

и в методах первичной подготовки воды и способах ее применения. В 60-х годах XX ст. значительно возросли требования к охране окружающей среды, особенно поверхностных водоемов, от загрязнения сточными водами. Из-за этого стала обязательной предварительная биохимическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод искусственными методами. Орошение сельскохозяйственных угодий биологически очищенными сточными водами начали рассматривать как метод доочистки (третичной) биологически очищенных сточных вод.

Для расширения масштабов применения методов очистки бытовых и промышленных (производственных) сточных вод в почве разработаны различные методы их первичной подготовки. Выбор таких методов, по мнению многих исследователей, определяется начальным качеством сточных вод, способом орошения почвы, климатическими условиями, уровнем залегания грунтовых вод и другими факторами.

Кроме предварительной подготовки сточных вод, разработаны и усовершенствованы методы их применения, начиная с полной заливки земельных угодий водами, орошение при помощи борозд, дождевания, наконец, подпочвенного орошения.

Со всех способов орошения наиболее приемлемым и безопасным в эпидемиологическом, санитарно-гигиеническом, агроэкономическом и водохозяйственном аспекте является подпочвенное орошение. При применении подпочвенного орошения соблюдается эпидемиологическая безопасность выращиваемых растений, уменьшается загрязнение поверхностных водоемов соединениями азота и фосфора. Благодаря этому устраняется эвтрофикация поверхностных водоемов, улучшается их санитарное состояние.

Используя почвенные методы очистки бытовых и промышленных сточных вод, прежде всего учитывают гигиенические показания, качество сточных вод, почвенно-климатические условия и экономические расчеты. Целесообразность орошения сточными водами сельскохозяйственных угодий определяется специализацией сельскохозяйственного производства и среднегодовым количеством атмосферных осадков на данной территории.

В Украине рекомендованы оросительные нормы основных сельскохозяйственных культур (разработанные при нашем участии) ведомственным нормативным документом Государственного комитета Украины водного хозяйства "ВНД 33-3.3-01-98. Переработка городских сточных вод и использование их для орошения кормовых и технических культур". В зависимости от погодных условий, потребности растений, для предотвращения гидравлической связи с грунтовыми и межпластовыми водами и предупреждения их загрязнения, оросительные нормы для городских биологически очищенных сточных вод не должны превышать 250—300 м³/га. В засушливый период рекомендованные в Украине нормы орошения для разного вида культур колеблются от 800—1000 до 2400—3000 м³/га в условиях лесостепи и от 700 до 7000 м³/га — южной степи.

Влияние биологически очищенных сточных вод на санитарное состояние почвы и процессы ее самоочищения в условиях орошаемого земледелия нами

изучено в различных климатогеографических регионах Украины — Киевской, Харьковской, Донецкой области, Крыму. Исследования показали, что орошение почв Крымского региона биологически очищенными городскими сточными водами при соблюдении оросительной нормы $3500 \text{ м}^3/\text{га}$ в год, не приводит к нарушению процессов самоочищения и значительному микробному загрязнению почвы сельскохозяйственных угодий. Количество санитарно-показательных микроорганизмов, отсутствие в исследуемых пробах почвы жизнеспособных яиц геогельминтов и сальмонелл на фоне низких титров выделенных кишечных вирусов, позволили оценить санитарное состояние орошаемых массивов как удовлетворительное.

Дополнительное удобрение сельскохозяйственных угодий минеральными удобрениями активизирует процессы самоочищения почвы от органических веществ, вносимых с биологически очищенными сточными водами.

В то же время использование с этой целью животноводческого навоза и осадка сточных вод на богарных и орошаемых сельскохозяйственных угодиях, способствует увеличению бактериального загрязнения почвы при орошении биологически очищенными сточными водами. Сказанное свидетельствует о необходимости дополнительного обеззараживания животноводческого навоза и осадка сточных вод перед использованием их в качестве удобрения.

Площадки подземной фильтрации (ППФ). В сельскохозяйственной терминологии полем обычно называют несколько гектаров земельного участка, используемого для выращивания сельскохозяйственных культур. Поскольку территория, которую отводят под местные очистные канализационные сооружения, чаще всего измеряется несколькими десятками, реже — сотнями квадратных метров (до 1 га), то местные очистные сооружения называют не полями, а площадками подземной фильтрации (орошения).

Исследованиями А.Г. Асланяна, Е.И. Гончарука, А.А. Роде, О. Израэльсона показано, что в почвах, где устройство площадок подземной фильтрации (орошения) возможно, постоянное увлажнение корневой зоны большинства сельскохозяйственных растений происходит лишь в том случае, если подземная оросительная сеть заглублена не более чем на $0,65\text{—}1,0$ м от поверхности земли. Следовательно, если оросительная сеть заглублена до 1,0 м от поверхности земли, такой вид сооружений правильнее называть площадками подземного орошения, а при заглублении свыше 1,0 м — ППФ. Требования к выбору и применению ППФ зависят от: количества сточных вод, подлежащих отведению от населенного пункта или отдельно расположенного объекта; фильтрующей способности почвы; глубины залегания грунтовых вод; температурных условий; среднегодового количества атмосферных осадков и др. Системы с ППФ устраивают на объектах с водоотведением от 1 до $25 \text{ м}^3/\text{сут}$, то есть они принадлежат к местным очистным сооружениям малой канализации. Разнообразием схем с ППФ может быть как минимум 5: с 1, 2, 3-камерными септиками, с улавливателями жира, нефтепродуктов, с перекачкой сточных вод и др.

Основным элементом системы с ППФ является подземная оросительная сеть. Во время проведения экспертизы системы определяют: длину подземной оросительной линии, количество таких линий, площадь земельного участка,

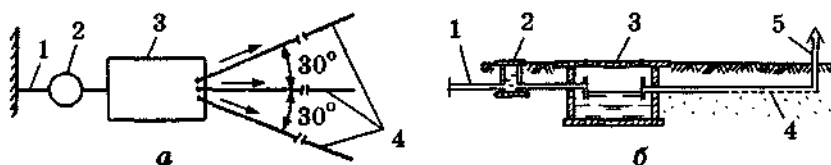


Рис. 58. Схема очистки сточных вод с применением ППФ (производительность до 1 м³/сут бытовых сточных вод):

а — план; *б* — разрез; 1 — выпуск из здания; 2, 5 — канализационные колодцы; 3 — однокамерный септик; 4 — подземная оросительная сеть

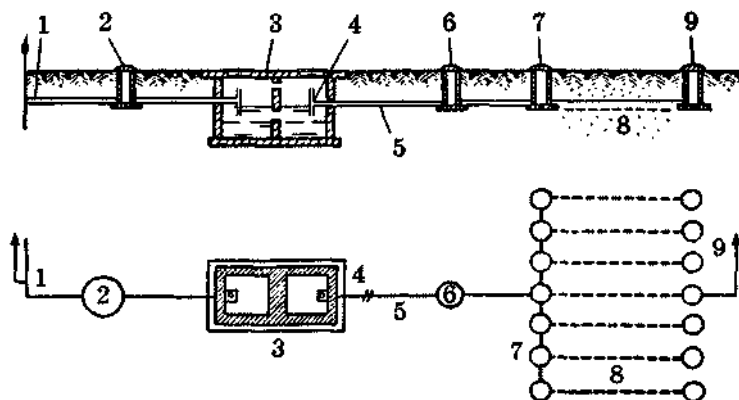


Рис. 59. Схема очистки сточных вод с применением ППФ (производительность 1—3 м³/сут): 1 — выпуск из здания; 2, 6 — канализационные колодцы; 3 — двухкамерный септик; 4 — тройники на впускной и выпускной трубе из септика; 5 — выпуск из септика; 7 — распределительный колодец; 8 — подземная оросительная сеть; 9 — вентиляционные стояки или канализационные колодцы в конце оросительных дрен

необходимого для устройства системы. Подземную оросительную сеть лучше устраивать из асбоцементных труб диаметром не менее 100—200 мм. Допускается оросительную сеть устраивать из керамических и пластмассовых труб. Можно также применять оросительные лотки из кирпича, бетона, текстолитового стеклоцемента, но не из дерева (рис. 58, 59).

При канализовании инфекционных отделений с применением ППФ, кроме обязательного обезвреживания инфицированного осадка из септиков, необходимо придерживаться таких условий: высота фильтрующего слоя должна быть не менее 3 м от лотка оросительных линий, гидравлическая нагрузка сточных вод — не превышать 15—20 л/сут на 1 м подземной оросительной сети.

Длину оросительной линии определяют по формуле:

$$L = \frac{Q}{q},$$

где L — общая длина оросительной сети (м); Q — общее поступление сточных вод для очистки (м³/сут); q — гидравлическая нагрузка сточных вод на оросительную систему (л на 1 м/сут; см. табл. 26).

Нагрузка сточных вод на ППФ в зависимости от глубины
наивысшего уровня грунтовых вод от лотка (СНиП 2.04.03-85)*,
л/сут на 1 м оросительных труб

Почва	Среднегодовая температура воздуха, °С	Глубина уровня грунтовых вод, м		
		1	2	3
Пески	До 6	16	20	22
	От 6,1 до 11	20	24	27
	Свыше 11,1	22	26	30
Супески	До 6	8	10	12
	От 6,1 до 11	10	12	14
	Свыше 11,1	11	13	16

* Нагрузка указана для районов со среднегодовым количеством атмосферных осадков до 500 мм. Нагрузку нужно уменьшать: для районов со среднегодовым количеством атмосферных осадков 500—600 мм — на 10—20%; свыше 600 мм — на 20—30%; для I климатического района и IIIA климатического подрайона — на 15%. Больший процент снижения надлежит учитывать для супесчаных, меньший — для песчаных почв.

Количество оросительных линий в системе вычисляют по формуле:

$$n = \frac{L}{l},$$

где n — количество линий в системе; L — общая длина оросительной сети (м);
 l — длина одной линии оросительной сети (15—20 м).

Площадь земельного участка, отводимого под очистное сооружение, рассчитывают по формуле:

$$S = a \frac{Q}{q},$$

где a — расстояние между отдельными оросительными линиями (принимается за 2 м в песках, 2,5 м — в супесках, 3 м — в суглинистых почвах).

Под ППФ сначала роют котлован шириной 0,8—1,0 м. Расстояние от его дна до наивысшего уровня грунтовых вод должно быть не менее 1 м. Именно в этом слое почвы под дном котлована будет происходить биологическая очистка сточных вод. Площадь под котлован рассчитывают по формуле: $S = a \cdot Q/q$. Длину котлована принимают не более 20 м, исходя из длины отдельной оросительной линии. Ширину его рассчитывают по формуле: $b = S/l$. Для ускорения созревания сооружения на дно котлована укладывают 1—2 см гумусового слоя почвы, далее — слой гравия толщиной 15 см. На гравий укладывают асбестоцементные трубы с пропилами на половину диаметра трубы. Пропилы делают по всей длине трубы на расстоянии 150—200 мм одна от другой. Трубы укладывают пропилами вниз и соединяют при помощи муфт. Обычно оросительные линии укладывают параллельно на расстоянии a одна от другой, которое зависит от типа почвы. Наклон труб не должен превышать 0,001 в песчаных почвах. В супесчаных и суглинистых почвах укладывание труб должно быть горизонтальным. Можно укладывать оросительные линии радиально, тогда ве-

личина внутреннего угла не должна быть менее 30° . При этом лотки труб надлежит размещать на одном уровне. Наименьшая глубина укладывания оросительной сети — 0,5 м от уровня земли до верха трубы. Если в систему с ППФ поступают сточные воды больниц, глубина от поверхности земли должна быть не менее 1,0 м. В конце каждой оросительной линии оборудуют вентиляционный стояк в виде вертикально расположенной асбестоцементной трубы диаметром 100 мм, погруженной ко дну котлована. После укладывания труб оросительную систему засыпают гравием на 1–2 см выше пропилов. На оросительные трубы укладывают 1–2 см поверхностно-растительного (гумусового) слоя почвы. Засыпают котлован почвой, начиная с поверхностного слоя. Территорию ППФ желательно использовать для выращивания технических сельскохозяйственных культур или трав.

Площадки подземного орошения (ППО). Под ППО подразумевают увлажненные через подземную оросительную сеть земельные участки, предназначенные для выращивания сельскохозяйственных культур. Подземную оросительную сеть на таких участках укладывают не глубже 0,6 м от поверхности земли.

Поскольку в практике санитарно-технического строительства местных канализационных сооружений чаще всего применяют ППФ, то для удобства изложения материала часто условно площадки подземной фильтрации и подземного орошения называют площадками подземной фильтрации.

Площадки подпочвенного (внутригрядового) орошения (ПВО). Площадки подпочвенного (внутригрядового) орошения являются разновидностью ППО. Они предназначены для полной биологической очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод (до $15\text{--}25\text{ м}^3/\text{сут}$). Обязательными составными частями этого вида сооружений являются септик и земельный участок, на котором укладывается оросительная сеть. Поскольку площадки подпочвенного орошения применяют для очистки небольшого количества сточных вод и они занимают незначительную площадь, то, по нашему мнению, их правильнее называть ПВО. От ППО они отличаются более поверхностным заложением оросительных дренажных труб, которые укладывают на глубине 0,05–0,1 м от поверхности почвы. Расстояние между оросительными линиями следует принимать в песках 1,3, в супесках — 1,7 м. Над оросительными дренами насыпают гряды из местных грунтов высотой 0,2 м и шириной 0,6–0,8 м. На поверхности гряд выращивают сельскохозяйственные культуры. Д.Б. Пигута (1955) предложил такой вид очистных сооружений называть внутрипочвенным орошением. Мы также усматриваем в этом определенный смысл, так как слой почвы до материнской породы иногда может занимать несколько метров. Понятно, что в таких случаях теряется смысл "орошения" под слоем почвы.

Фильтрующие траншеи (ФТ). Системы ФТ с естественным слоем почвы являются разновидностью ППФ. Они отличаются от последних лишь высотой слоя подсыпки под оросительной сетью. Если при устройстве ППФ высота подсыпки крупнозернистым материалом не превышает 0,10–0,15 м, то в фильтрующих траншеях она составляет в песчаных почвах минимум 0,2–0,3 м,

в супесчаных — 0,3—0,4 м, а в суглинистых — до 0,4—0,6 м. Такой слой подсыпки дает возможность увеличить нагрузку сточных вод в 1,5—2 раза. Биологическая очистка сточных вод на этом типе сооружений, как и на ППФ, происходит в естественном фильтрующем слое почвы. Очищенный в траншеях фильтрат поступает в поток грунтовых вод. А.И. Василенко, предложивший этот вид сооружений, рекомендует называть их высоконагружаемыми ППФ.

Среди разновидностей ФТ с естественным слоем почвы выделяют очистные сооружения с примитивными ФТ. Их особенностью является то, что в отличие от описанных выше, в таких сооружениях траншеи в почве закладывают вязками веток (фашинами) и присыпают незначительным слоем почвы, извлеченной во время рытья котлована.

Фильтрующие колодцы (ФК). В литературе, посвященной санитарно-техническим и гигиеническим проблемам водоотведения, не разграничивают понятия "всасывающий", "фильтрующий" и "поглощающий" колодцы. Однако в этих сооружениях существуют отличия, которые влияют на процесс очистки сточных вод и другие факторы.

Всасывающий колодец (ВК) имеет вид вертикальной, произвольных размеров шахты с проницаемыми стенками и дном, которые не доходят до водоносного горизонта. Сточные воды, попавшие в такой колодец или яму без какой-либо предварительной очистки, всасываются в почву, загрязняя ее, а затем и грунтовые воды. На подобных "установках" нагрузка сточных вод не нормируется. Они не подлежат предварительной обработке в септике. Не обусловлено и расстояние между дном колодца и верхним уровнем залегания грунтовых вод. Обычно в ВК попадает такое большое количество сточных вод, что ни о каких процессах их биологической очистки не может быть и речи.

Поглощающий колодец (ПК) — это яма, шахта или скважина, дно которой доходит до водоносного горизонта. Сточные воды, которые поступают в такой колодец без какой-либо предварительной очистки, проникают непосредственно в поток грунтовых вод, поглощаются и выносятся этим потоком. Нагрузка на таких сооружениях не нормируется.

Фильтрующий колодец (ФК), в отличие от всасывающего и поглощающего, является апробированным сооружением канализационных систем, предназначенных для механической и биологической очистки незначительного количества (1—3 м³/сут) сточных вод (рис. 60). Требования к устройству ФК определены СНиПом 2.04.03-85 (пп. 6.195—6.197). Устраивают их лишь после септика. Это своеобразный биологический фильтр. Резервуар ФК проектируют из железобетонных колец, огнеупорного кирпича или бутового камня. Размеры в плане должны быть не более 2 х 2 м, глубина — 2,5 м.

Ниже трубы, по которой в ФК поступают отстаившиеся в септике сточные воды, устраивают донный фильтр высотой до 1 м из щебня, гравия, гранулированного или просеянного шлака (с размером зерен до 300—500 мм), с водонепроницаемыми стенками и дном, расположенным не ближе 1 м от наивысшего уровня грунтовых вод. В перекрытии колодца обязательно устанавливают люк диаметром 700 мм и вентиляционную трубу диаметром 100 мм.

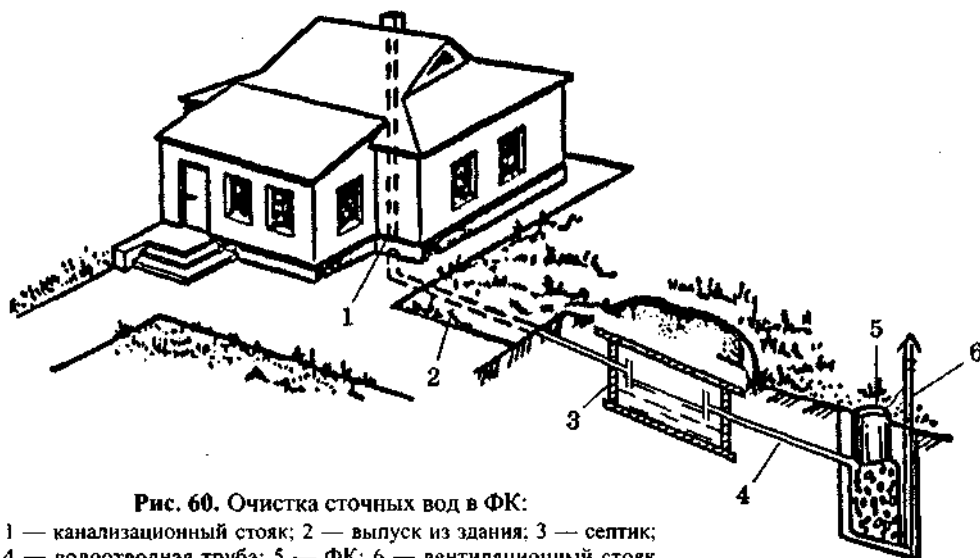


Рис. 60. Очистка сточных вод в ФК:

1 — канализационный стояк; 2 — выпуск из здания; 3 — септик;
4 — водоотводная труба; 5 — ФК; 6 — вентиляционный стояк

С целью увеличения сроков эксплуатации ФК, повышения эффекта очистки сточных вод, создания рассредоточенного распределения сточной воды в почве используют схемы, предусматривающие устройство нескольких подземных оросительных линий длиной 8—10 м, которые начинаются от ФК на уровне его дна.

Расчетная фильтрующая поверхность ФК определяется как сумма площадей дна и поверхности стен колодца на высоту фильтра. Нагрузка на 1 м² фильтрующей поверхности принимается из расчета 80 л/сут в песчаных грунтах и 40 л/сут в супесчаных. В средне- и крупнозернистых песках, также при расстоянии от дна колодца к верхнему уровню залегания грунтовых вод более 2 м, нагрузку следует увеличивать на 10—20%. На 20% допускается увеличение нагрузки на ФК при удельном водоотведении свыше 150 л/сут на одного жителя, а также на сезонных объектах.

Самой распространенной и эффективной является схема, состоящая из одно-, двухкамерного септика и ФК, заполненного внутри фильтром высотой 1 м из крупнозернистого материала. Такая схема используется при канализовании индивидуальных жилых зданий, дач, сельских аптек, амбулаторий, других объектов с водоотведением хозяйственно-бытовых сточных вод до 1 м³/сут.

Исследования А.А. Кирпичникова, Г.И. Иванова и др., проведенные в разные годы на территории Украины, России и стран Балтии показали, что очистные сооружения с ФК, построенные по такой схеме, с соблюдением всех санитарно-технических требований, обеспечивают достаточно надежный высокий эффект очистки бытовых сточных вод в течение 10—15 лет.

Песчано-гравийные фильтры (ПГФ) и фильтрующие траншеи (ФТ) с искусственной загрузкой фильтрующего слоя почвы. По устройству и способу очистки сточных вод ПГФ во многом напоминают площадки подземной

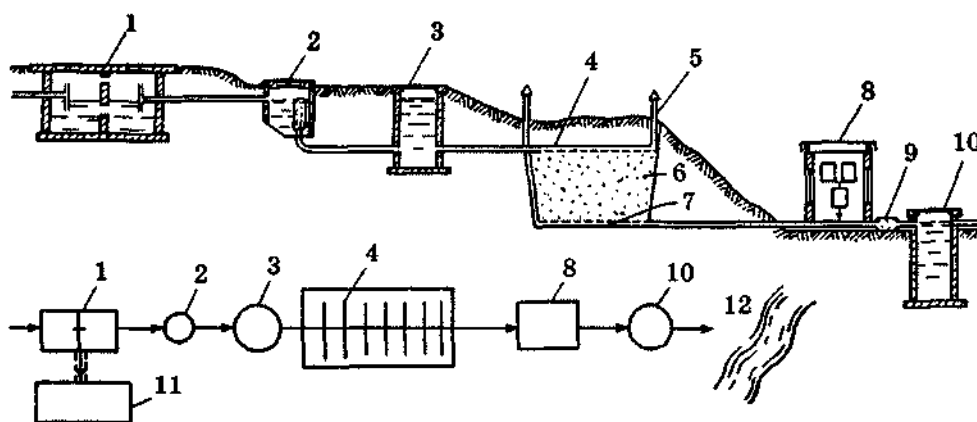


Рис. 61. Схема очистки сточных вод с ПГФ или ФТ (производительностью свыше $3 \text{ м}^3/\text{сут}$): 1 — септик; 2 — дозирующее устройство; 3 — распределительный колодец; 4 — подземные оросительные трубы; 5 — вентиляционные стояки на оросительных трубах; 6 — рабочий фильтрующий слой; 7 — водосборная дренажная сеть; 8 — хлораторная; 9 — ершовый смеситель; 10 — контактный резервуар; 11 — иловые площадки; 12 — водоем

фильтрации. Возможно, было бы правильным называть их искусственными площадками подземной фильтрации. Однако в практике санитарно-технического строительства в нашей стране, странах СНГ и дальнего зарубежья эти канализационные сооружения называют песчано-гравийными фильтрами (СНиП 2.04.03-85, п.п. 6.192—6.194). ПГФ и ФТ (рис. 61) применяют для биологической очистки сточных вод при водоотведении от объектов канализования не более $15 \text{ м}^3/\text{сут}$. Их устройство проектируют в водонепроницаемых и слабофильтруемых почвах при наивысшем уровне залегания грунтовых вод не менее 1 м ниже лотка водоотводной трубы. Обязательным элементом системы с ПГФ (ФТ) является септик (одно-, двух- или трехкамерный). Для сбора очищенного фильтрата (биологически очищенной воды) после ПГФ (ФТ) устраивают накопительный резервуар. Из него очищенную сточную воду используют для орошения. Если биологически очищенную сточную воду сбрасывают в ближайший водоем, это делают с соблюдением требований СанПиНа 4633-88 и "Правил санитарной охраны прибрежных вод морей".

В зависимости от условий местности (рельефа), уровня залегания грунтовых вод и др. применяют несколько разновидностей местных очистных систем с ПГФ.

При благоприятном рельефе со значительным перепадом отметок ($i = 0,08—0,1$) и глубоким залеганием грунтовых вод устраивают обычные системы с ПГФ, в которых сточная вода движется самотеком, а выпускается по общей водосборной трубе или галерее, при помощи открытого лотка или галереи (в зависимости от санитарной ситуации). Такую систему применяют для очистки сточных вод до $3 \text{ м}^3/\text{сут}$; при большем количестве сточных вод схема предусматривает применение дозирующего устройства.

При неблагоприятном рельефе местности после ПГФ устраивают накопительный резервуар с плавающим насосом, куда подается очищенная сточная

вода. Из резервуара очищенную воду отводят для орошения или в ближайший овраг. После ПГФ можно устраивать инфильтрационный колодец, доведенный до уровня грунтовых вод, с фильтрующим слоем песка не менее 2 м.

Для местностей с высоким уровнем залегания грунтовых вод проектным институтом "Гипролестранс" предложены системы с устройством ПГФ в насыпном грунте. При этом в схему очистных сооружений включают дозирующую установку, а после септика — насос. Этим насосом сточную воду подают по напорному трубопроводу в ПГФ. Отводят очищенную воду по указанному выше принципу.

В зависимости от местных условий могут быть и другие комбинации схем. В некоторых зарубежных странах практикуют отведение очищенного фильтрата в скважину, просверленную до водопроницаемых пород в конце общей водосборной трубы. Способ экономичен, но требует проведения дополнительных исследований для определения санитарной надежности отведения очищенного в песчано-гравийном фильтре фильтрата и перевода его в подземный поток.

Проектирование песчано-гравийных фильтров осуществляется одно- или двухступенчатыми. В качестве загрузочного материала для одноступенчатых биологических фильтров допускается применять крупно- и среднезернистый песок, другие материалы. При устройстве двухступенчатых песчано-гравийных фильтров для первой ступени очистки возможно применение гравия, щебня, котельного шлака и др. с размером частиц 70—100 мм. Для загрузки фильтра второй ступени — таких же материалов, как и в одноступенчатом фильтре.

Гидравлическая нагрузка сточных вод на оросительные трубы песчано-гравийных фильтров и фильтрующих траншей, также мощность их фильтрующей загрузки приведены в табл. 27.

Данные таблицы предназначены для районов со среднегодовой температурой воздуха от 3 до 6 °С. В районах со среднегодовой температурой атмосферного воздуха, превышающей 6 °С, гидравлические нагрузки увеличивают на 20—30%. Их также допускается увеличивать на 20—30% при удельном водоотведении от объекта канализования, превышающем 150 л/сут на человека.

В районах со среднегодовой температурой воздуха ниже 3 °С, нагрузки снижают на 20—30%. Меньшие нагрузки соответствуют меньшей высоте фильтрующей загрузки очистного сооружения.

Фильтрующие траншеи с искусственным слоем почвы являются конструктивной разновидностью песчано-гравийных фильтров (рис. 62). Принципиальные схемы их идентичны. Особенностью фильтрующих траншей является рассредоточенное расположение

ТАБЛИЦА 27
Нагрузка сточных вод
на оросительные трубы ПГФ и ФТ
(СНиП 2.04.03-85), л/м в сутки

Сооружение	Высота слоя загрузки, м	Нагрузка
Одноступенчатый ПГФ или вторая ступень двух- ступенчатого фильтра	1—1,5	80—100
Первая ступень двух- ступенчатого фильтра	1—1,5	150—200
ФТ	0,8—1,0	50—70

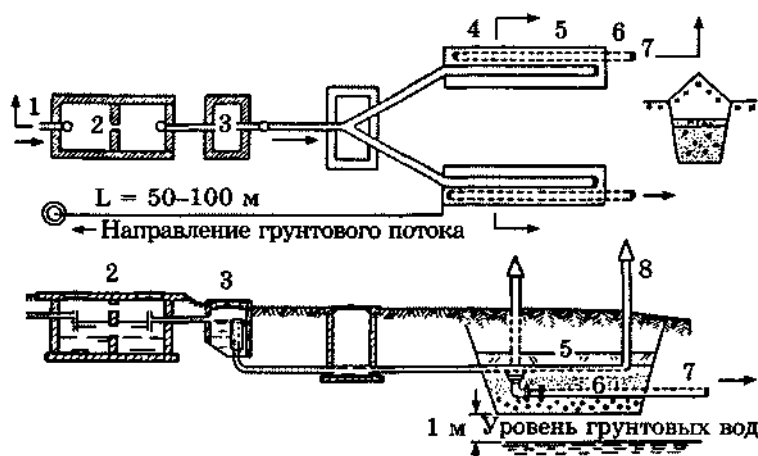


Рис. 62. Схема очистки сточных вод при помощи фильтрующих траншей с искусственным слоем почвы:

1 — выпуск из здания; 2 — септик; 3 — дозирующая камера; 4 — фильтрующая траншея; 5 — оросительная дренажная сеть; 6 — водосборная сеть; 7 — выпуск фильтрата; 8 — вентиляционные стояки

фильтров в отдельных траншеях и меньшая рабочая высота (от 0,6 до 0,8 м) искусственного слоя почвы. В тоже время при устройстве песчано-гравийных фильтров она составляет (СНиП 2.04.03-85) 1—1,5 м. Это имеет большое практическое значение, дает более широкие перспективы для применения траншей. Например, при рельефе со слабо выраженным уклоном местности и высоким уровнем залегания грунтовых вод, песчано-гравийные фильтры устраивать не рекомендуется, так как в этом случае следует проектировать насосные станции для перекачивания очищенных сточных вод. Необходимо предусматривать дополнительные мероприятия по снижению уровня грунтовых вод и т. д. Меньшая высота фильтрующего слоя почвы избавляет их от этого недостатка. В качестве загрузочного материала в фильтрующие траншеи рекомендуют использовать крупно- и среднезернистый песок, другие материалы.

Данные по выбору очистных сооружений малой канализации в зависимости от местных условий приведены в табл. 36.

Следует отметить: если позволяют климатические, гидрогеологические условия, должны быть прежде всего применены площадки (поля) подземной фильтрации.

Обеззараживание бытовых сточных вод. Задача третьего этапа очистки сточных вод — обеззараживания — состоит в уничтожении патогенных бактерий и вирусов, которые находятся или могут содержаться в сточных водах. Методы обеззараживания сточных вод делятся на две группы: реагентные и безреагентные или на химические, когда бактерицидное действие оказывают химические вещества, и физические, когда микроорганизмы гибнут вследствие действия физических факторов. К химическим (реагентным) методам относятся прежде всего хлорирование, как наиболее доступный, простой и надежный способ обеззараживания сточных вод, а к физическим (безреагентным) — озо-

нирование и обработка сточных вод УФ-излучением, гидрокавитационное обеззараживание и др.

Удаление из сточных вод гетерогенных биодисперсий перед их выпуском в водоемы осуществляется обычно путем хлорирования. Проводя санитарную экспертизу проекта очистных сооружений канализации, врач-профилактик должен учитывать, что бытовые сточные воды и их смесь с промышленными необходимо обеззараживать после их механической и биологической очистки (см. СНиП 2.04.03-85). Обеззараживать следует хлором или натрия гипохлоритом.

Если на очистных сооружениях предполагается раздельная механическая очистка бытовых и промышленных сточных вод с последующей их совместной биологической очисткой, то в этом случае обеззараживание бытовых сточных вод необходимо проводить после механической очистки с обязательным дехлорированием перед подачей на сооружения для биологической очистки.

Расчетная доза активного хлора после механической очистки сточных вод должна составлять 10 г/м^3 ; после механической очистки с эффективностью отстаивания сточных вод свыше 70% и неполной биологической очистки — 5 г/м^3 ; после полной биологической доочистки и физико-химической очистки сточных вод — 3 г/м^3 . Дозу активного хлора нужно уточнять во время эксплуатации, исходя из того, что количество остаточного хлора в обеззараженной воде после контакта должно составлять не менее $1,5 \text{ г/м}^3$. Смешивание сточной воды с хлором должно происходить в смесителях любого типа: дырчатых, перегородчатых, ершовых, вихревых и пр. Продолжительность контакта активного хлора со сточной водой в контактном резервуаре или в отводных лотках и трубопроводах должна составлять 30 мин. Для обеззараживания сточных вод после биологических прудов следует предусматривать отсек для контакта сточной воды с активным хлором.

Контактные резервуары (на очистной канализационной станции их должно быть не менее двух) проектируют конструктивно подобными первичным отстойникам без скребков. Допускается предусматривать барботаж сточной воды сжатым воздухом при интенсивности аэрации $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$ в 1 ч. Во время обеззараживания сточных вод в контактных резервуарах образуется осадок. При проведении санитарной экспертизы проекта очистных сооружений канализации необходимо учитывать, что количество осадка (с влажностью 98%) в контактных резервуарах, образуемого при хлорировании сточных вод после механической очистки, должно составлять 1,5 л на 1 м^3 сточной воды. После хлорирования сточной воды, биологически очищенной в аэротенках и на биофильтрах, — 0,5 л осадка на 1 м^3 сточной воды.

Хлорное хозяйство очистных сооружений должно обеспечивать возможность повышения расчетных доз хлора в 1,5 раза.

Из-за опасности образования в процессе хлорирования сточных вод токсических хлорорганических соединений, интенсивного загрязнения ими водоемов и угрозы вредного действия на организм населения внимание исследователей привлекают экологически чистые, безреагентные методы обеззараживания сточных вод.

Среди альтернативных хлорированию экологически чистых и эффективных методов обеззараживания сточных вод заслуживает внимания озонирование, УФ-излучение, электроимпульсная, радиационная обработка сточных вод, применение биоцидных полимеров. Но если остаточный озон в воде подлежит аналитическому контролю, то такой контроль при УФ-излучении, электроимпульсном и радиационном обеззараживании отсутствует. В связи с этим в двух последних случаях необходим ежедневный микробиологический контроль.

Применение УФ-излучения для обеззараживания сточных вод является перспективным благодаря разработке новых мощных источников излучения. Это ртутно-кварцевые лампы высокого давления типа ПРК и РКС (давление пара 400—800 мм рт. ст., температура оболочки — 250—300 °С). Также ртутно-аргонные лампы низкого давления (давление пара 3—4 мм рт. ст., температура поверхности — 40 °С). На 1 Вт потребляемой энергии ртутно-кварцевые лампы дают выход бактерицидной энергии 0,033 Вт, ртутно-аргонные — 0,146 Вт.

Высокая эффективность обеззараживания сточных вод УФ-излучением (от бактерий группы кишечной палочки — в 10^4 раза, сапрофитных микроорганизмов — в 10^3 раза) достигается при дозе излучения 150 мДж/см². Снижение общего количества микроорганизмов и количества бактерий группы кишечной палочки с 10^5 до 10^2 КОЕ/мл и с 10^4 до 2 КОЕ/мл соответственно наблюдалось даже при концентрации взвешенных веществ в обрабатываемой сточной воде от 5,5 до 16 мг/л.

В Институте технической теплофизики НАН Украины предложена экологически чистая технология безреагентного обеззараживания биологически очищенных бытовых сточных вод гидрокавитацией. Созданы суперкавитационные аппараты (СК-аппараты) проточного и реакторного типов, которые могут быть применены на малых очистных канализационных станциях. Нами проведены натурные исследования с целью научного обоснования оптимальных технологических параметров работы СК-аппаратов. Впервые было установлено, что гидрокавитационная обработка сточных вод обеспечивает значительную эффективность их обеззараживания от санитарно-показательных бактерий и энтеровирусов. Способ является перспективным для применения на очистных канализационных сооружениях. Недостатком способа обеззараживания является отсутствие аналитического контроля эффективности процесса.

Доочистка (третичная очистка) бытовых сточных вод предусматривает удаление загрязнений, оставшихся в них после биологической очистки. Хотя доочистка и является четвертым этапом очистки, ее применяют сразу после биологической очистки перед обеззараживанием сточных вод. Третичную очистку осуществляют в сооружениях, в которых моделируются процессы самоочищения в почве или водоемах (табл. 28).

Доочистка сточных вод может осуществляться в естественной почве на больших или малых полях орошения или фильтрации (см. с. 302), также в водной среде на биологических прудах с высшими водяными растениями (см. с. 283). С этой целью могут использоваться фильтрационно-обогащительные сооружения: фильтрационно-обогащительные колодцы, фильтрационно-обогащительные

**Классификация сооружений по доочистке биологически
очищенных сточных вод**

Сооружения третичной очистки сточных вод, в которых моделируются			
процессы самоочищения в почве		процессы самоочищения в водоемах	
естественные	искусственные	естественные	искусственные
Поля орошения Поля фильтрации Фильтрационно-обогатительные колодцы Фильтрационно-обогатительные траншеи	Фильтры: • нисходящим или восходящим потоком воды; • радиальные; • одно- или двухслойные; • с подвижной загрузкой; • каркасно-засыпные Озонирование + фильтрация Хлорирование + адсорбция Микрофильтрация	Биологические пруды Фильтрационно-обогатительные пруды	Флотация Коагуляция Сорбция Известкование Ионный обмен Электролиз Электродиализ Дистилляция Обратный осмос

траншеи, фильтрационно-обогатительные пруды, созданные кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца совместно с Гипростроем и УкрНИИграждансельстроем для очистных сооружений малой канализации.

Фильтрационно-обогатительные сооружения. В последнее время в Украине, странах СНГ для очистки небольших объемов сточных вод созданы различные малогабаритные комбинированные очистные сооружения и их прототипы. При сбросе в поверхностные водоемы сточных вод, биологически очищенных на таких сооружениях, следует руководствоваться Правилами.

Однако на практике чаще всего возникают ситуации, когда в районе размещения очистной канализационной станции с малогабаритными комбинированными сооружениями водоемы или отсутствуют, или они далеко расположены. В таком случае отводить биологически очищенные сточные воды допускается в почву или в грунтовой поток путем устройства фильтрационно-обогатительных сооружений (ФОС): фильтрационно-обогатительных прудов (ФОП); фильтрационно-обогатительных колодцев (ФОК); фильтрационно-обогатительных траншей (ФОТ). Их применяют одновременно как сооружения для естественной доочистки (третичной очистки) сточных вод, так и с целью пополнения запасов подземных вод, что способствует естественному водообмену.

На земельном участке, где предполагается применение ФОС, должны отсутствовать деревья (на расстоянии не менее 7—8 м), так как они своей корневой системой разрушают конструкции сооружений. Участок не должен затопляться дождевыми и талыми водами. Размещение ФОС на земельном участке в свою очередь должно гарантировать отсутствие подтопления подвальных помещений жилых домов. Санитарно-защитные разрывы между очистными канализационными станциями с ФОС и жилыми домами должны составлять: для ФОП — не менее 50—100 м; для ФОТ — не менее 25—30 м; для ФОК — не менее 15—20 м.

ТАБЛИЦА 29

Зоны санитарного разрыва при размещении ФОС
в зависимости от направления потока грунтовых вод, м

Сооружение	Производи- тельность, м ³ /сут	Направление потока воды, м		
		Вниз по течению	Вверх по течению	Перпендикулярно оси течения потока
ФОК	До 25	85—100	35—40	40—50
ФОТ	25—100	150—180	40—50	60—70
ФОС	До 700	500	100	150

Размеры санитарных разрывов между ФОС и местными водозаборными сооружениями грунтовых вод зависят от скорости и направления движения потока грунтовых вод. Их устанавливают учреждения санитарно-эпидемиологической службы в каждом отдельном случае с учетом местных условий. При скорости потока грунтовых вод, не превышающей 1 м/сут, и мощности водозабора, не более 10 м³/сут, эти величины должны соответствовать приведенным в табл. 29.

При мощности водозабора, превышающей 10 м³/сут, и скорости движения грунтового потока выше 1 м в/сут величину санитарного разрыва между ФОС и местом водозабора рассчитывают по формуле Салтыкова—Белицкого, дополненной Е.И. Гончаруком (см. с. 97).

Водозаборные сооружения, забирающие воду из межпластовых хорошо защищенных водоносных горизонтов, можно размещать на расстоянии не менее 80—150 м от ФОС.

Биологически очищенные сточные воды подаются на ФОС самотеком или перекачиваются. Для этого применяют импровизированные насосные станции с использованием водопроводных насосов. Значительное число их модификаций дает возможность перекачивать любое количество очищенной сточной воды. Такие насосные станции разработаны также кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета вместе с УкрНИИГраждансельстрой.

Фильтрационно-обогащительные пруды (ФОП) являются принципиально новым очистным комплексом, в котором сочетаются элементы медленных водопроводных фильтров, канализационных песчано-гравийных фильтров и биологических прудов для доочистки сточных вод. Сооружения применяют в песчаных или супесчаных почвах и при высоком уровне залегания грунтовых вод (свыше 1,5 м) на очистных станциях производительностью от 10 до 700 м³/сут. Инженерами в отрасли канализования населенных мест разработаны ФОП двух размеров — 20 х 20 м и 20 х 40 м (табл. 30).

ТАБЛИЦА 30

Показания для применения
фильтрационно-обогащительных
прудов

Произво- дительно- сть, м ³ /сут	Количество секций			
	Песок		Супесок	
	20 х 20	20 х 40	20 х 20	20 х 40
200		2		2
400	2			3
700	3			4

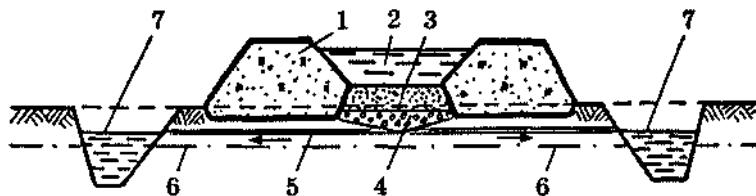


Рис. 63. Фильтрационно-обогащительные пруды:

1 — дамбы; 2 — фильтрационный пруд; 3 — песчаный фильтр; 4 — дренаж; 5 — удаление фильтрата; 6 — уровень грунтовых вод; 7 — биологические пруды

Конструктивно **ФОП** состоят из нескольких секций фильтрационных и биологических прудов (рис. 63).

Первичная доочистка сточных вод на сооружениях после малогабаритных очистных установок или их прототипов достигается во время фильтрации через слой песка и песчаный (биологический) фильтр возле основания фильтрационных прудов, вторичная — в биологических прудах.

С целью уменьшения стоимости строительства **ФОП** сооружают с использованием преимущественно местных почв. Почвы с высокими фильтрационными свойствами укладывают возле основания фильтрационных прудов слоем 1—1,2 м. Почвы с меньшими фильтрационными свойствами используют для обвалования сооружения. Карьеры, образовавшиеся во время извлечения почвы, могут быть использованы как биологические пруды.

Под песчаным фильтром обязательно размещают дренаж для отведения фильтрата в биологические пруды. Если почвы хорошо проницаемые, воды из биологических прудов попадают в грунтовой поток.

При строительстве **ФОП** почву возле их основания удаляют и укладывают на наружные откосы дамб.

Ориентировочно (табл. 31) гидравлическая нагрузка на **ФОП** составляет до 250 л/м² в супесках, 50 л/м² — в песках или соответственно 2500 и 5000 м³ на 1 га поверхности водного зеркала в сутки.

Фильтрационно-обогащительные колодцы (ФОК) применяют для выпуска в почву или в грунтовой поток биологически очищенных сточных вод из компактных канализационных установок заводского изготовления при их производительности до 25 м³/сут. Сооружения могут быть рекомендованы для доочистки сточных вод в местностях, где имеется свободная территория

ТАБЛИЦА 31

Гидравлическая нагрузка биологически очищенных сточных вод на **ФОТ**, л/м² в сутки

Сооружение	Гидравлическая нагрузка	
	Пески	Супески
Фильтрационно-обогащительный пруд	500	250
Фильтрационно-обогащительный колодец	300	200
Фильтрационно-обогащительная траншея	350	250

с хорошо фильтрующими почвами, представленными песками, супесками, легкими суглинками, и возможность создать санитарно-защитные разрывы. Глубина залегания грунтовых вод на территории должна быть не менее 1,5 м от поверхности земли.

Конструктивно **ФОК** имеет вид круглой или прямоугольной шахты. Стенки его выкладывают кирпичом или бетоном. Дно должно быть открытым. На дно помещают фильтрующую загрузку (1м) из пенопласта, пеностекла, гравия, щебня. Сверху колодец перекрывают двойной съемной крышкой. Под перекрытием устанавливают вентиляционную трубу. К центру колодца подводят трубу, по которой подают на доочистку биологически очищенную сточную воду после компактной установки.

При применении **ФОК** в местностях с высоким уровнем залегания грунтовых вод (менее 1,5 м от поверхности земли) допускается устраивать их в насыпной почве. В этом случае биологически очищенная сточная вода из установки отводится в накопительный резервуар. Затем с помощью насоса биологически очищенную сточную воду подают в **ФОК**.

В отдельных случаях **ФОК** допускается применять в плохо фильтрующей почве. Грунтовые воды при этом должны залегать на глубине не менее 5 м от поверхности земли. Стенки колодца устраивают до водоносного горизонта. Колодец заполняют песком на высоту не менее 1,5 м от уровня грунтовых вод. На песок в верхней части колодца помещают слой (1 м) блоков из пеностекла, пластмассы.

Гидравлическую нагрузку на **ФОК** при отведении очищенных сточных вод в почву рассчитывают на 1 м² суммарной водопроницаемой поверхности колодца, ориентируясь на внутренний контур, а при переводе в грунтовой поток — на 1 м² дна колодца. Ориентировочно гидравлическая нагрузка на **ФОК** в сутки (см. табл. 31) равна 300 л/м² в песках и 200 л/м² в супесках.

*Фильтрационно-обогащительные траншеи (**ФОТ**)* рекомендуют устраивать при водоотведении от объекта канализования 25—100 м³/сут в местностях с песчаными и легкими супесчаными почвами при уровне залегания грунтовых вод не менее 1,5 м от поверхности земли.

Конструктивно **ФОТ** — это траншеи глубиной 1—1,2 м, шириной 0,6—0,8 м, длиной — до 40 м. Расстояние между траншеями — 3 м. Стены траншеи сооружают из бетона или кирпича. Нижняя часть стены (0,5—0,6 м) должна быть водопроницаемой. На дно траншеи на эту высоту укладывают фильтрующий материал (гравий, щебень, блоки из пеностекла или пластмассы). Траншеи перекрывают деревянными съемными щитами. Сточная вода в траншее распределяется через сеть асбоцементных труб диаметром 100—150 мм с пропилами в нижней части на половину диаметра трубы. Ширина пропила должна составлять 12—15 мм через каждые 100—200 мм. Трубы длиной 3—4 м соединяют муфтами (сухая укладка) в распределительную сеть длиной 40 м и укладывают на слой фильтрующей загрузки. Соединение труб при помощи муфт гарантирует герметичность распределительной сети. Биологически очищенная сточная вода из компактных установок поступает в траншеи самотеком или с помо-

щью насоса (периодически, с интервалом 5—6 ч). В этом случае после установок устраивают накопительный резервуар.

При высоком уровне залегания грунтовых вод (менее 1,5 м от поверхности земли) ФОТ допускается строить в насыпной почве. В этом случае биологически очищенные сточные воды отводят в накопительный резервуар, а затем насосом их подают в траншею.

ФОТ иногда применяют для перевода доочищенных сточных вод под русло реки. В этом случае их сооружают шириной 5 м, длиной 50 м, глубиной до 1,5 м на расстоянии не менее 5 м от водоема. Производительность таких траншей возрастает до 10 000 м³/сут. Во время строительства и эксплуатации таких сооружений необходимо придерживаться мер, препятствующих доступу к траншеям населения и животных.

Гидравлическую нагрузку на ФОТ (см. табл. 31) следует принимать на 1 м² суммарной водопроницаемой поверхности траншеи в сутки, ориентируясь на внутренний контур, из расчета 350 л в песках и 250 л — в супесях.

Государственный санитарный надзор предусматривает: участие врача-профилактика в выборе и отведении земельного участка под строительство очистных сооружений малой канализации, имеющих в своем составе ФОС для доочистки сточных вод; санитарную экспертизу проекта; санитарный надзор во время строительства, приемки и эксплуатации объекта.

Текущий санитарный надзор предусматривает контроль за: санитарно-техническим состоянием и правильностью эксплуатации ФОС; эффективностью доочистки сточных вод; влиянием ФОС на окружающую среду; соблюдением техники безопасности в процессе эксплуатации сооружений.

Контроль за ФОС необходимо осуществлять не менее 2—3 раз в год. Исследования биологически очищенных сточных вод, поступающих на доочистку в ФОС, проводят 1—2 раза в год. При этом необходимо помнить, что высокая эффективность доочистки на сооружениях обеспечивается при следующих исходных показателях качества биологически очищенных сточных вод: БПК₅ — 15—20 мг О₂/л; ХПК — 30—40 мг О₂/л; взвешенные вещества — 15—20 мг/л.

Качество грунтовых вод, отобранных по методике Е.И. Гончарука (см. раздел III) на расстоянии 1 м от ФОС, при правильном их устройстве и эксплуатации, должно отвечать следующим требованиям: индекс БГКП — не более 100, общее количество сапрофитных микроорганизмов — не более 200—300, титр вирусов по коли-фагу не менее 100; превышение содержания аммиака в сравнении с контролем — не более чем на 0,5 мг/л; перманганатной окисляемости — не более чем на 2—3 мг О₂/л.

Другая группа сооружений третичной очистки представлена искусственными методами доочистки сточных вод при помощи фильтров с различными видами фильтрующего материала, ионообменных, флотационных, адсорбционных и других установок.

Четвертичная очистка. С целью охраны поверхностных водоемов и подземных источников водоснабжения от органических и бактериальных загрязнений, которые могут остаться в сточных водах после их доочистки, предусмат-

Классификация методов четвертичной очистки доочищенных сточных вод

Методы	
природные	искусственные
Поля фильтрации -> дренаж -> поля орошения Поля фильтрации -> скважины -> • ФОС ФОС -> поля орошения ФОС -> осветление реагентное -> фильтрация посредством инфильтрационных траншей для пополнения запасов подземных вод -> скважины -> напорные фильтры, загруженные активированным углем	Обработка реагентами (известь, глинозема сульфат, железа сульфат) Ионный обмен Адсорбция активированным углем Озонирование в сочетании с фильтрацией на фильтрах

ривается при необходимости четвертичная очистка сточных вод путем применения искусственных методов обработки воды (табл. 32).

Сравнительная гигиеническая оценка методов и сооружений для очистки бытовых сточных вод. Одним из основных критериев гигиенической оценки очистных канализационных сооружений является эпидемическая безопасность очищенных в этих сооружениях сточных вод и активного ила. Особенно важно это на этапе гигиенического обоснования возможности применения тех или иных методов и канализационных сооружений для очистки сточных вод городов, поселков городского типа, сельских населенных пунктов, отдельно расположенных объектов, в частности инфекционных больниц или инфекционных отделений многопрофильных больниц, где образуются высокоинфицированные сточные воды.

В выборе метода и вида канализационных сооружений для очистки сточных вод необходимо учитывать ряд условий. Прежде всего, количество сточных вод, образующихся на объекте канализования, их физико-химические свойства и бактериальный состав, возможность использования для орошения растений в сельском хозяйстве, требования к глубине (эффективности) очистки сточных вод и образуемого при этом осадка, возможность утилизации осадка сточных вод в сельском хозяйстве и пр. Может возникнуть вопрос о возможности применения только механической очистки сточных вод или необходимости предусмотреть также биологическую очистку или даже доочистку и обеззараживание.

Выбирая сооружения механической очистки, необходимо учитывать, что в схемах большой канализации применяют горизонтальные, вертикальные или радиальные отстойники. По технико-экономическим показателям горизонтальные отстойники более простые в устройстве и эксплуатации, чем вертикальные, но последние более эффективны.

В схемах малой канализации лучше применять двухъярусные отстойники. Для водоотведения объектов, на которых образуется до 25 м³ сточных вод в сутки, предусматривают септики или септики-дегельминтизаторы.

Выбирая методы и сооружения биологической очистки сточных вод, предпочтение следует отдавать методам, моделирующим процессы самоочищения

в почве, с устройством очистных сооружений, в которых этот процесс происходит в естественной почве: наземным полям фильтрации, орошения, площадкам подземной фильтрации.

Искусственные сооружения биологической очистки сточных вод, в которых моделируются процессы самоочищения в водоемах (аэротенки, малогабаритные очистные сооружения на полное окисление и пр.), целесообразно применять в том случае, если местные условия не дают возможности использовать почвенные методы очистки. Такими условиями являются плохая фильтрующая способность почвы, высокий уровень залегания грунтовых вод, недостаток свободных земельных территорий достаточных размеров и др.

В последнее время в научной литературе появляются сведения о том, что при современных методах биологической очистки сточные воды не допускается повторно использовать. Не всегда качество биологически очищенных сточных вод отвечает требованиям к выпуску в поверхностные водоемы. Это обусловило потребность в проведении гигиенических исследований и оценки эффективности различных методов и технологических схем очистки и доочистки сточных вод, включающих, например: коагуляцию — фильтрацию — адсорбцию; коагуляцию — адсорбцию — фильтрацию — ионный обмен; адсорбцию — фильтрацию — ионный обмен и др.

Следует помнить, что заслуживают внимания лишь те методы и способы очистки или доочистки сточных вод, которые удовлетворяют технико-экономические решения и отвечают гигиеническим требованиям. Они должны гарантировать эпидемическую безопасность и безвредность по химическому составу для населения поступления очищенных сточных вод в поверхностные водоемы, используемые населением в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, для массового отдыха, спортивно-оздоровительных целей.

В связи с этим авторы изучали эффективность очистки сточных вод, в том числе интенсивно загрязненных патогенными микроорганизмами, в разных типах очистных канализационных сооружений, в частности с активным илом.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что при соблюдении научно обоснованных оптимальных технологических параметров работы канализационных, в том числе малогабаритных, очистных сооружений с активным илом в стационарном режиме достигается высокий эффект очистки сточных вод по санитарно-химическим и бактериологическим показателям (табл. 33).

В изученных очистных сооружениях на полное окисление (компактных канализационных установках заводского изготовления и их прототипах, аэротенках-осветлителях колонного типа, симбиотенках) достигается более высокая степень биологической очистки сточных вод: снижение БПК₅ до 5—3 мг О₂/л, (на 86—96%) (обычные аэротенки позволяют снизить БПК₅ до 10—15 мг О₂/л). Общая численность сапрофитных микроорганизмов сточных вод, прошедших биологическую очистку в изученных сооружениях, уменьшается до 15—30 тыс., индекс БГКП — до 10³—10⁴ КОЕ/л (на 99—99,99%). В 1000—10 000 раз умень-

Оптимальные величины весовой нагрузки, окислительной мощности, средней скорости окисления и концентрации активного ила для разных типов аэротенков

Тип сооружения	Оптимальная производительность, м ³ /сут	Весовая нагрузка, г БПК _{го} /г ила в сутки	Окислительная мощность, г БПК _{го} /м ³ /сут	Концентрация (доза) активного ила по сухому веществу, г/л	Средняя удельная скорость окисления, мг БПК _{го} /г ила в 1 ч
Аэротенки высоконагружаемые на полную очистку*	10 000	150—1000	До 2000	3,0—6,0	0
Высоконагружаемые на неполную очистку		1000—3000	2000	0,8—1,0	40—120
на полную очистку		150—500	240—700	2,0 (3,0)	60—20
на полное окисление		100	150—500	3,0—6,0	
Аэротенки-отстойники на полную очистку	10 000—500 000	500—600	2500	2,0-4,0	20—24
Аэротенки-осветлители на полную очистку	17 000—500 000	800—1000	3000—5000	3,0—5,0	33-^0
Аэроакселераторы на полную очистку	10 000—15 000	800—1000	8000	3,0—5,0	30-^0
Циркуляционно-окислительные каналы	25—2000	80—100	200—500	3,0—5,0	30—40
Аэроокислители радиального типа	25—2000	80—100	200—500	3,0—5,0	30—40
Компактные канализационные установки	25—2000	80—100	200—500	3,0—9,0	30—40

* В аэротенках с отдельной регенерацией концентрация (доза) активного ила по сухому веществу может устанавливаться на уровне 3,0 г/л и окислительная мощность по БПК_{го} — '000 г БПК/м³ в сутки.

шается в биологически очищенных сточных водах количество шигелл, сальмонелл, энтеропатогенных кишечных палочек, энтеровирусов.

В то же время, несмотря на достаточно высокую эффективность изученных очистных сооружений, количество санитарно-показательных микроорганизмов в биологически очищенных сточных водах остается высоким (несколько тысяч в 1 л). Такие сточные воды остаются потенциально опасными в эпидемическом отношении и должны быть обязательно обеззаражены перед выпуском в поверхностные водоемы.

По данным литературы и результатам проведенных авторами исследований установлено, что для получения безопасных в эпидемическом отношении сточных вод (с индексом БГКП — не более 1000, коли-фагов — не более 1000), прошедших биологическую очистку в различных типах искусственных сооружений, необходимо их эффективное обеззараживание.

Гигиенические требования к канализованию населенных пунктов. Различают несколько схем канализования населенных пунктов. Во-первых,

это **централизованная схема**, предусматривающая подключение всех объектов, на которых образуются сточные воды (жилых и общественных зданий, промышленных предприятий после локальных очистных сооружений и др.) к общей канализационной сети. В этом случае хозяйственно-бытовые, производственные, иногда частично и дождевые сточные воды смешиваются в канализационной сети, образуя городские сточные воды. Эти сточные воды общим потоком поступают на единые очистные канализационные сооружения, расположенные за пределами населенного пункта.

Вторая схема канализования населенных пунктов — **децентрализованная**. Она предусматривает подключение каждого объекта к местным очистным сооружениям малой канализации, которые расположены на территории (земельном участке) этого объекта.

При **смешанной схеме** канализования объекты, расположенные в центральной части населенного пункта, подключают к общей канализационной сети. Там все сточные воды смешиваются и вместе поступают на единые очистные канализационные сооружения за пределами населенного пункта. Объекты, расположенные на окраине населенного пункта, подключают к местным очистным канализационным сооружениям, которые устраиваются на земельном участке каждого объекта.

При **частичной схеме** канализования лишь часть населенного пункта подлежит канализованию. При этом возможно подключение ряда объектов к общей канализационной сети и отведение сточных вод на общие очистные сооружения. Может иметь место устройство на каждом отдельном объекте местных очистных канализационных сооружений или смешанный вариант канализования. В другой части населенного пункта, где нет канализации, жидкие отходы удаляют путем ассенизации.

Гигиенические требования к канализованию лечебно-профилактических учреждений. Сточные воды в лечебно-профилактических учреждениях (далее — больницах) отводятся из санитарно-технических приборов: раковин, унитазов, душевых установок, ванн. Они выпускаются из прачечных, моечной пищеблока, из санитарной комнаты (где моют и дезинфицируют судна и другие предметы, бывшие в соприкосновении с больными). Загрязненные сточные воды отводятся также из радиологического, патологоанатомического отделений, аптеки, лабораторий и других специализированных отделений.

Устраивая внутреннюю канализацию, следует обращать внимание на то, что прокладывать внутренние канализационные трубопроводы в кабинетах и палатах для больных недопустимо. Трубопроводы для отведения сточных вод от приборов необходимо размещать под полами. Непременным условием при этом должно быть проведение гидроизоляционных работ и облицовка полов.

Для решения вопроса о соответствии канализации потребностям конкретной больницы учитывают суточное количество сточных вод, образуемых в ней. Водоотведение от больниц определяют нормой водопотребления. Оно значительно колеблется в течение суток. Обычно в потреблении воды в течение суток в больнице наблюдается 2—3 пика, которые обусловлены утренним и вечерним туалетом больных, началом выполнения лечебных процедур, режимом

приготовления пищи и мытья посуды и т.д. Такой режим водопотребления накладывает соответствующий отпечаток и на режим отведения сточных вод.

Физико-химические свойства сточных вод, образующихся в больницах, также имеют определенные особенности.

Во-первых, в больницах общего профиля физико-химический состав сточных вод принято считать идентичным составу хозяйственно-бытовых сточных вод, образующихся в населенном пункте. Это может быть продемонстрировано на таком примере. Установлено, что человек за сутки выделяет определенное количество загрязнений, а именно: 65 г взвешенных веществ, 40 г органических веществ по БПК₂₀, 9 г хлоридов, 8 г азота аммонийного, 3,3 г фосфатов, $4,48 \cdot 10^{12}$ микроорганизмов. Концентрация загрязнений в бытовых сточных водах обусловлена нормой водопотребления. Чем меньше водопотребление, тем выше уровень загрязнения сточных вод. И, наоборот, чем больше норма водопотребления, тем меньшая концентрация загрязнений сточных вод.

Расчет концентрации бытовых сточных вод осуществляется по формуле:

$$C_{\text{быт}} = a - 1000/p,$$

где $C_{\text{быт}}$ — концентрация загрязнений бытовых сточных вод (мг/дм³); a — количество загрязнений (г от 1 жителя в сутки); p — норма водопотребления (дм³ на 1 жителя в сутки).

Концентрацию городских сточных вод рассчитывают так же, как средневзвешенную величину, исходя из концентрации бытовых (в том числе от лечебно-профилактических учреждений) и промышленных сточных вод:

$$C_{\text{г.с.в.}} = (C_{\text{быт}} \cdot Q_{\text{быт}} + C_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}) : (Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}}),$$

где $C_{\text{пр}}$ — концентрация загрязнений промышленных сточных вод (мг/дм³); $Q_{\text{быт}}$ $Q_{\text{пр}}$ — количество бытовых и промышленных сточных вод соответственно (м³/сут).

Во-вторых, сточные воды, которые отводятся из больниц, могут содержать специфические компоненты — лекарственные и диагностические препараты, дезинфицирующие средства.

В-третьих, особенно опасны сточные воды специализированных больниц и специализированных отделений соматических клиник. Прежде всего, это сточные воды инфекционных больниц и отделений, которые могут содержать возбудителей кишечных инфекций. Кроме того, сточные воды радиологических отделений и лабораторий содержат радиоактивные изотопы.

Все это дает основание квалифицировать сточные воды больниц как специфическую категорию. К очистке и обеззараживанию их перед выпуском в общегородскую канализационную сеть следует предъявлять особые требования. Очистку сточных вод из больниц и других стационаров, в том числе и инфекционных, необходимо осуществлять на общегородских или других очистных сооружениях канализации, гарантирующих эффективную очистку и обеззараживание. При отсутствии общегородских или других очистных сооружений канализации, сточные воды больниц необходимо очищать и обеззараживать на локальных очистных сооружениях с полной биологической очисткой. Дез-

активацию сточных вод из радиологических корпусов (отделений) необходимо проводить в соответствии с технологическим заданием. Эти требования предусмотрены "Санитарными правилами устройства, оборудования и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров" (СанПиН № 5179-90), другими нормативными документами.

От организации и осуществления водоотведения, очистки и обеззараживания сточных вод больницы зависит успех профилактики инфекционных заболеваний среди населения, которые передаются через воду, в том числе и внутрибольничных инфекций.

На основании существующих в нашей стране официальных нормативных документов, зарубежных данных, а также опыта, приобретенного на кафедре коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца, обобщены требования к канализованию больниц различного профиля (табл. 34).

Из-за большой эпидемической опасности больничных сточных вод крайне необходимо правильно проектировать сооружения для их очистки и обеззараживания. Обязательным условием при отведении сточных вод больниц в канализационную сеть населенного пункта является отсутствие в сточных водах возбудителей инфекционных заболеваний.

ТАБЛИЦА 34

Принципиальные схемы канализования больниц
(Е.И. Гончарук, В.О. Прокопов, 1973)

Тип больницы	Наличие канализации в населенном пункте	
	Канализован	Неканализован
Многопрофильная без инфекционного отделения	Подключение к городской канализационной сети	Устройство ЛОС*
Многопрофильная с инфекционным отделением	То же после предварительной очистки и обеззараживания сточных вод инфекционных отделений на ЛОС	1. Устройство отдельных ЛОС для соматических отделений и для инфекционного отделения. 2. При невозможности устройства изолированной очистной канализационной системы для инфекционного отделения допускается совместная очистка на общепольничных ЛОС с соблюдением требований, предъявляемых к ЛОС при соединении к ним инфекционных больниц и отделений
Специализированная инфекционная	Подключение к канализационной сети после предварительной очистки и обеззараживания сточных вод на ЛОС	Устройство ЛОС
Противотуберкулезная	То же	То же

* ЛОС — локальные очистные сооружения.

Для специализированных инфекционных больниц, а также инфекционных отделений соматических больниц обязательным требованием является предварительная очистка и обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях с последующим выпуском обеззараженных сточных вод в канализационную сеть населенного пункта.

При подключении инфекционной больницы к канализации населенного пункта, имеющего сооружения полной биологической очистки и обеззараживания сточных вод, в комплексе локальных очистных сооружений по предварительному централизованному обеззараживанию сточных вод больницы сооружения биологической очистки могут отсутствовать. В канализованном населенном пункте, не имеющем очистных сооружений для вновь строящихся инфекционных больниц, подключаемых к канализации, должны быть предусмотрены локальные очистные сооружения с полной биологической очисткой и обеззараживанием сточных вод.

Поступление сточных вод из противотуберкулезных больниц в канализационную сеть населенного пункта допустимо только после предварительной полной биологической очистки и обеззараживания на локальных сооружениях.

При наличии в сточных водах токсических химических веществ содержание их должно отвечать требованиям "Правил приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов". Такие Правила разрабатывают водопроводно-канализационные предприятия каждого города. Их согласовывают с местными органами по урегулированию использования и охраны вод и утверждают в советах народных депутатов. Допустимые концентрации токсических химических веществ в сточных водах больницы, принимаемых в канализационную сеть населенного пункта, а затем на очистные сооружения, подлежат определению согласно условиям выпуска очищенных сточных вод в водоем. Такие условия устанавливаются разрешением на специальное водопользование или в обязательной приписке для водопроводно-канализационного предприятия на основании ПДК веществ в воде водоема соответствующего вида водопользования.

Если в сточных водах больницы будут содержаться радиоактивные вещества, их прием в систему канализации населенного пункта, очистка, обеззараживание, дезактивация должны осуществляться в соответствии с Правилами, действующими нормами радиационной безопасности, санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

После биологической очистки и обеззараживания сточные воды больниц выпускают в ближайший водоем. В соответствии с Правилами в водоемы разрешается сбрасывать опасные в эпидемическом отношении сточные воды только после соответствующей их очистки и обеззараживания до индекса БПК_п не более 1000 КОЕ/л и индекса коли-фагов — не более 1000 БОЕ в 1 л. В каждом случае должен быть проведен расчет условий выпуска сточных вод в конкретный водоем.

Принципиальные схемы очистки сточных вод больниц в канализованном населенном пункте. Безусловно, наилучшей является централизованная

схема, когда сточные воды больницы выпускаются в канализационную сеть населенного пункта. Затем сточные воды отводятся на очистные сооружения населенного пункта, где проходят соответствующую биологическую очистку и обеззараживание. После биологической очистки и обеззараживания сточные воды отводят обычно в ближайший водоем. В устройстве централизованной схемы канализации существуют определенные особенности. Так, еще в 1954 г. Министерством здравоохранения была утверждена "Инструкция о режиме инфекционных больниц и инфекционных отделений общих городских больниц", которой был регламентирован судно-ручной способ обеззараживания выделений больных. После такого обеззараживания выделения больных поступают в канализацию больницы, а уже затем — в канализационную сеть населенного пункта и на очистные сооружения. Надежность способа зависит от многих причин, а именно: а) консистенции выделений; б) вида дезинфицирующего средства; в) режима обеззараживания (доза реагента, экспозиция, полнота перемешивания); г) наличия персонала, его квалификации и сознательности.

Целесообразно централизованное обеззараживание сточных вод инфекционных отделений проводить на локальных очистных сооружениях перед выпуском сточных вод в общебольничную канализационную сеть. Затем сточные воды принимаются в канализационный коллектор населенного пункта, по которому отводятся на очистные сооружения полной биологической очистки. Такой способ дает гарантию надежного противоэпидемического эффекта. Он дает возможность улучшить санитарный режим лечебного учреждения, автоматизировать управление процессом.

Выбор комплекса очистных сооружений производится с учетом следующих условий: профиля лечебно-профилактического учреждения, достаточности размеров земельного участка для размещения очистных сооружений, климатических, гидрогеологических, почвенных и санитарных условий местности, количества сточных вод, подлежащих очистке.

Комплекс сооружений для централизованного обеззараживания сточных вод инфекционных больниц или отделений должен включать сооружения для механической очистки сточных вод (септики, если количество сточных вод не превышает $25 \text{ м}^3/\text{сут}$; двухъярусные отстойники при расходе сточных вод до $100\text{—}150 \text{ м}^3/\text{сут}$) и обеззараживанию (хлораторная с ершовым смесителем и контактным резервуаром или электролитическая установка с контактным резервуаром, СК-аппарат проточного типа или др.). Осадок из отстойников и контактных резервуаров подлежит обязательному обезвреживанию в дегельминтизаторе.

Локальные очистные сооружения для централизованного обеззараживания сточных вод противотуберкулезных больниц должны включать сооружения механической (разновидности отстойников), биологической (разновидности биофильтров, аэротенки, ЦОК, АРТ, компактные установки заводского изготовления, аэротенки-осветлители колонного типа и др.) очистки и обеззараживания. Осадок из отстойников и контактных резервуаров также подлежит обязательному обеззараживанию при помощи дегельминтизатора.

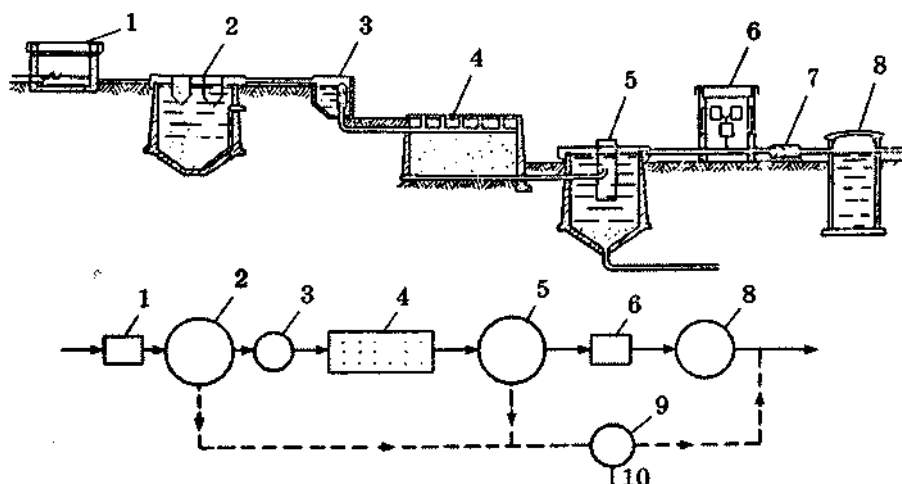


Рис. 64. Схема локальных канализационных сооружений с двухъярусным отстойником и биофильтром для канализования больниц:

1 — решетка; 2 — двухъярусный отстойник; 3 — дозирующее устройство; 4 — биофильтр; 5 — вторичный отстойник; 6 — хлораторная; 7 — ершовый смеситель; 8 — контактный резервуар; 9 — дегельминтизатор; 10 — паропровод

Для очистки сточных вод инфекционных больниц и инфекционных отделений соматических больниц, а также противотуберкулезных клиник при их размещении в канализованном населенном пункте можно рекомендовать следующие принципиальные схемы очистки (рис. 64). В комплекс локальных канализационных сооружений входят хлораторная, ершовый смеситель, контактные отстойники, промежуточный колодец пропускания осадка и корки. По этой схеме сточная вода из инфекционного отделения больницы смешивается с хлором в ершовом смесителе, последовательно проходит через ряд контактных отстойников, в которых осуществляется контакт сточной воды с активным хлором в течение 45—60 мин, и после этого выпускается в канализационную сеть населенного пункта. Осадок из контактных отстойников после длительного контакта с хлором 1 раз в 15 сут через промежуточный колодец также выпускается в канализационную сеть населенного пункта.

Схема сможет быть рекомендована для канализования инфекционных отделений с расходом сточных вод до 10—15 м³/сут при наличии высокоэффективных очистных канализационных сооружений в населенном пункте. Такой способ нашел применение при очистке и обеззараживании сточных вод инфекционного отделения Центральной больницы в Киеве, других населенных пунктах страны.

В схемах централизованного обеззараживания сточных вод инфекционных отделений и больниц нашел успешное применение септик-дегельминтизатор, предложенный Е.И. Гончаруком.

Принципиальные схемы очистки сточных вод больниц в неканализованном населенном пункте. При выборе схемы канализования больниц

вообще, а также больниц, имеющих инфекционные отделения, предпочтение следует отдавать методам очистки сточных вод, моделирующим процессы самоочищения в почве. Прежде всего врач должен ознакомиться со следующими данными: количеством сточных вод, подлежащих очистке; качественным составом сточных вод и характером местных условий (достаточности размеров земельного участка, фильтрационной способностью почвы, уровнем залегания грунтовых вод, среднегодовой температурой воздуха и количеством атмосферных осадков за год). Кроме того, врач должен располагать данными о возможности и условиях обезвреживания осадка сточных вод и условий для отведения сточных вод в ближайший водоем.

При наличии в населенном пункте свободного земельного участка достаточных размеров, имеющего хорошую фильтрующую способность почвы, низкий уровень залегания грунтовых вод (не менее 2—3 м от поверхности земли), наиболее целесообразно для очистки сточных вод больниц применять небольшие наземные поля фильтрации или орошения. Рекомендованы также местные очистные сооружения малой канализации, прежде всего площадки подземной фильтрации.

Очистка и обезвреживание промышленных сточных вод

Гигиеническая характеристика промышленных сточных вод и их влияние на водоемы. В современных условиях развития общественного прогресса промышленные сточные воды — один из наиболее опасных источников загрязнения поверхностных водоемов. Общий объем промышленных сточных вод в 1,5—2 раза превышает количество образующихся хозяйственно-бытовых сточных вод. Подсчитано, что на крупных промышленных предприятиях образуется и отводится ежедневно в водоемы 200 000—400 000 м³ сточных вод. Это соответствует количеству хозяйственно-бытовых сточных вод города с населением 1—2 млн человек. Сточные воды образуются на промышленных предприятиях вследствие использования водопроводной питьевой воды или технической воды в технологическом процессе производства. Количество сточных вод, отводимых от производства в водоем, зависит от мощности и характера технологического процесса предприятия. Это количество определяется специальными нормами водопользования и водоотведения для разных отраслей промышленности. Скорректированная норма водопотребления учитывает все затраты воды на предприятии — производственные, хозяйственно-питьевые, на душевые установки и пр.

Под нормой водопотребления промышленного предприятия подразумевают целесообразное количество воды (в кубических метрах на единицу готовой продукции или использованного сырья), установленное на основании научно обоснованного расчета или рекомендованное на основании накопленного опыта.

Среднее количество сточных вод, отводимых от производства в водоем, установленное по целесообразной норме водопользования, называют нормой водоотведения. Нормы водоотведения включают в себя количество сточных

вод, сбрасываемых в водоем: а) очищенных производственных и бытовых; б) производственных, не подлежащих очистке; в) фильтрационных из прудов-накопителей; г) из шламонакопителей и др.

Эти нормы в различных отраслях промышленности колеблются в широких пределах. Например, на 1 т продукции в производстве вискозного штапельного волокна образуется 233 м³ сточных вод, бумаги — 37 м³, мяса — 24 м³, хлеба — 3 м³, сахара-рафинада — 1,2 м³; во время выплавки стали или чугуна — 0,1 м³, добычи нефти — 0,4 м³ и т. д.

Промышленные сточные воды по условиям образования и составу подразделяют на три вида:

1) *производственные*, образующиеся при использовании воды в технологическом процессе или при добыче полезных ископаемых, например руды, угля, нефти;

2) *бытовые* — от санитарных узлов, душевых установок, имеющих на промышленном предприятии;

3) *ливневые* — дождевые и от таяния снега.

Характер технологического процесса влияет на состав и свойства производственных сточных вод, режим образования и отведения в водоемы.

Производственные сточные воды подразделяют на две основные категории: *загрязненные и незагрязненные, или условно чистые*. *Незагрязненные* сточные воды образуются от холодильных, компрессорных, теплообменных аппаратов, от охлаждения основного производственного оборудования, продуктов производства. Эти воды имеют высокую температуру. После охлаждения их обычно используют повторно. *Загрязненные* сточные воды в зависимости от примесей, которые они содержат, в свою очередь подразделяют на три группы. К первой группе относятся сточные воды, загрязненные преимущественно минеральными веществами. Это сточные воды предприятий металлургической, машиностроительной, горно- и угледобывающей промышленности, предприятий по производству минеральных удобрений, кислот, строительных материалов и др. Ко второй группе относятся сточные воды, загрязненные преимущественно органическими примесями. Это сточные воды, образующиеся на предприятиях мясомолочной, рыбной, пищевой, целлюлозно-бумажной, микробиологической, химической промышленности, а также предприятий по производству пластмасс, каучука и др. Наконец, третья группа представлена сточными водами, загрязненными одновременно минеральными и органическими веществами. Это сточные воды, образующиеся в технологическом процессе предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности. К этой группе отнесены также сточные воды предприятий по производству сахара, витаминов, консервов, бумаги, продуктов органического синтеза и др.

В отличие от бытовых сточных вод, состав которых зависит от нормы водопотребления, на загрязнение производственных сточных вод влияет технологический процесс. По концентрации загрязняющих веществ производственные сточные воды подразделяют на четыре группы: I — 1—500; II — 500—5000; III — 5000—30 000; IV — свыше 30 000 мг/л. По физико-химическим свойствам

вам органических загрязняющих примесей производственные сточные воды подразделяют на имеющие температуру кипения до 120, 120—250 и свыше 250 °С. По степени агрессивности загрязненные производственные сточные воды подразделяют на три группы: к первой группе относятся *слабоагрессивные* (слабокислые с $\text{pH } 6 \pm 6,5$ и слабощелочные с $\text{pH } 8 \pm 9$) сточные воды; ко второй — *сильноагрессивные* (сильнокислые с $\text{pH} < 6$ и сильнощелочные с $\text{pH} > 9$); к третьей — *неагрессивные* (с $\text{pH } 6,5 \pm 8$). Загрязненные производственные сточные воды могут содержать токсичные и опасные в эпидемическом отношении вещества и примеси. Кроме того, среди загрязняющих веществ могут быть концентрированные отходы производств, не подлежащие отведению в канализационную сеть.

Данные о физико-химических свойствах примесей сточных вод можно получить, ознакомившись с технологическим процессом и во время санитарного обследования производства. Нужно помнить, что на предприятиях условия образования сточных вод часто отличаются от предусмотренных технологическим процессом. Поэтому, выясняя состав сточных вод, режим их образования и условия отведения, нужно сравнивать данные технологического процесса с материалами санитарного обследования объекта. Большое значение для формирования состава производственных сточных вод имеет сырье. Так, основным компонентом сточных вод нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий является нефть, горнообогатительных фабрик — руда, мясокомбинатов — отходы мяса, непереваренной пищи животных, фабрик первичной обработки шерсти — жир, шерсть и пр. На состав сточных вод также влияют характер технологического процесса, реагенты, применяющиеся в технологическом процессе, промежуточные изделия и продукты, конечная продукция, качественный состав исходной воды, местные условия и т. п. Обычно наблюдается комбинация указанных источников.

Режим образования производственных сточных вод характеризуется периодичностью, т. е. зависит от режима технологического процесса или режима работы предприятия (сезонный, в одну, две или три смены). В связи с этим образование сточных вод может быть: равномерным или неравномерным, или периодическим (например, залповый сброс отработанного электролита с травильных или гальванических ванн).

Условия отведения сточных вод от предприятий различны. Реже всего их отводят (хозяйственно-бытовые и производственные) одной, общесплавной сетью. Чаще всего на предприятиях устраивают отдельную канализационную сеть. Она способствует лучшему обеспечению локальной очистки сточных вод от различных загрязнений. Отдельную сеть предусматривают, например, для сточных вод: а) сильноминерализованных; б) кислых; в) щелочных; г) высокотоксичных; д) не содержащих высокотоксичных веществ и пр.

Для гигиенической оценки предложенной или внедренной рациональной схемы водоотведения и определения возможности повторного использования производственных сточных вод обязательно изучают их состав и режим водоотведения. При этом анализируют физико-химические свойства сточных вод и режим поступления в канализационную сеть не только общего стока промыш-

ленного предприятия, но и сточных вод от отдельных цехов и при необходимости даже и от отдельных агрегатов.

Во время анализа сточных вод обращают внимание на содержание компонентов, специфических для соответствующего производства. Например, фенолов, нефтепродуктов, ядовитых, радиоактивных, взрывоопасных, поверхностно-активных веществ. Оценивают общее количество органических веществ по величине БПК₅, ХПК, pH, минерализации, интенсивности окрашивания, наличию биогенных элементов.

В зависимости от характера технологического процесса анализируют результаты исследований разовых, часовых, среднесменных и среднесуточных, среднепропорциональных проб сточных вод. Для получения достоверных данных о качественных характеристиках, важное значение имеет правильность отбора проб сточных вод. Полное представление об их составе можно получить только по данным средних или среднепропорциональных проб, чего нельзя получить по данным разовых проб.

При оценке физико-химического состава сточных вод важно учитывать график колебаний концентрации характерных загрязнений по часам в течение смены, суток, дней недели и пр.

Определяют также суммарные сменные или суточные расходы сточных вод, режим выпуска, одним из выражений которого является коэффициент неравномерности, т. е. отношение максимального расхода за короткий (в пределах часа) период к среднесуточным или среднесменным.

Эти данные дают возможность выбрать оптимальный, эффективный и экономически обоснованный метод очистки сточных вод для данного предприятия.

Диапазон колебаний физико-химического состава сточных вод отдельных предприятий широкий. Это является причиной для тщательного обоснования выбора оптимального метода очистки для каждого вида сточных вод.

Ниже приведена характеристика условий образования сточных вод некоторых предприятий, наиболее загрязняющих поверхностные водоемы.

Фенольные сточные воды. Основными источниками образования фенольных сточных вод являются предприятия термической обработки топлива. Это коксохимические, коксогозовые заводы, заводы полукоксования, газогенераторные станции, предприятия термической обработки дерева, искусственного жидкого топлива. Кроме того, фенольные сточные воды образуются на металлургических, нефтеперерабатывающих предприятиях, предприятиях регенерации резины, производства киноплёнки, фенолфталеина, салициловой кислоты, салолы.

В зависимости от источников образования фенольные сточные воды имеют четкое окрашивание. Так, сточные воды коксохимических заводов желтые или серые, с разными оттенками.

Сточные воды, образующиеся в процессе газификации кокса, антрацита и каменного угля, — бурые; бурого угля — серо-коричневые или бурые; торфа — черные или темно-коричневые; дерева — красно-бурые. Фенольные сточные воды имеют резко выраженный запах смолы, фенола, нафталина, сероводорода, пережженного торфа, уксусной кислоты. Они имеют нулевую прозрачность и высокую температуру (до 70 °С). Содержат опасные для окружающей

среды органические и неорганические компоненты. Среди них фенолы, нафталин, бензол, жирные кислоты, спирты, альдегиды, полициклические ароматические углеводы. В состав фенольных сточных вод входят также летучий и связанный аммиак, роданиды, цианиды, сероводород, сульфаты, хлориды и др., концентрация которых колеблется в широком диапазоне.

Фенольные сточные воды ухудшают органолептические свойства воды. Неприятный запах и привкус, появляющиеся в воде при концентрации фенола 15—20 мг/л, а крезолов — 0,002—0,005 мг/л, делают воду непригодной для пользования. В питьевой воде вследствие ее хлорирования появляется аптечный запах при концентрации фенола 0,001 мг/л и 0,001—0,002 мг/л крезолов. Фенольные воды опасны для водоемов рыбохозяйственного назначения. При концентрации фенола в воде 0,3—0,5 мг/л мясо рыб имеет специфический запах и привкус, а при концентрации его в воде 5—20 мг/л рыба гибнет. В местах выпуска фенольных сточных вод и на значительных расстояниях ниже их отведения наблюдаются значительные факты гибели рыбы. Фенольные воды нарушают естественные процессы самоочищения. Поверхностные водоемы, особенно небольшие, превращаются в сточные канавы без животного и растительного мира. Их нельзя использовать для культурно-оздоровительных и хозяйственно-бытовых нужд. Кроме того, поверхностные водоемы, загрязненные фенольными сточными водами, способствуют ухудшению качества воды подземных источников.

Сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности. Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из наиболее водоемких отраслей народного хозяйства. На ее предприятиях ежедневно расходуется почти 9,2 млн кубических метров свежей воды. В зависимости от качества и ассортимента продукции удельные затраты воды на технологические нужды колеблются в широком диапазоне. Так, на 1 т картона и бумаги, вырабатываемых из неотбеленной целлюлозы, образуется 10—50 м³ сточных вод, из отбеленной целлюлозы — 150—250 м³ и т. п.

Образуются сточные воды: а) при приготовлении химических растворов; б) в процессе варки щепы с химическими растворами; в) во время промывания целлюлозы; г) во время отбеливания целлюлозы; д) во время разливания, пресования и высушивания целлюлозы; е) во время выпаривания щелочей.

Физико-химический состав сточных вод зависит от выпускаемой продукции. Сточные воды содержат волокна целлюлозы, бумаги, наполнители, красители, латексы, эмульсии, клейкие вещества и др. Они разного цвета, с высоким содержанием взвешенных и органических веществ, специфическим запахом.

В технологическом отношении различают кислотный (сульфитный) и щелочной (сульфатный) способы получения целлюлозы. Сульфатный способ обеспечивает возможность получения целлюлозы не только из хвойных, но и из лиственных пород.

Характерной особенностью сточных вод, образующихся при сульфатном способе получения целлюлозы, является высокое содержание разнообразных веществ: 33% — неорганических (натрия сульфат, карбонат и хлорид, свободные щелочи) и 67% — органических (в том числе: оксикислоты и лактоны —

33%, фенолы, смоляные и жирные кислоты — 23,65%, лигнин — 35,7%, муравьиная кислота — 1%, уксусная кислота — 0,7%).

Сточные воды сульфит-целлюлозного производства содержат 10% неорганических и 90% органических веществ. Среди неорганических веществ наиболее распространенные лигнинсульфоновые кислоты (48,4%), моносахариды (30,4%), полисахариды и продукты распада Сахаров (15,8%), смолы, белки (2,9%), уксусная кислота (2,5%).

Источниками органических веществ в сточных водах целлюлозно-бумажных, картонных комбинатов являются разведенные щелочи, а также продукты деструкции целлюлозы, образующиеся во время ее отбеливания и переработки. Эти вещества принадлежат к разным классам химических соединений: алифатические и терпеновые углеводы, ароматические углеводы фенольного ряда и др.

В зависимости от состава загрязнений на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности выделяют щелочные потоки сточных вод, содержащих преимущественно: кору, щелочи, волокна, кислоты, шлам, золу, вещества с неприятным запахом. Кроме того, образуются условно чистые, а также поверхностные сточные воды с территории предприятия.

Особенностью канализования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности является то, что сточные воды, образуемые в результате изолированных производственных процессов, проходят сначала локальную очистку от щелочных загрязнений. Так, кору удаляют из сточных вод при помощи барабанных и сетчатых фильтров. Волокна отфильтровывают через сетчатые фильтры с дальнейшим отстаиванием в горизонтальных или вертикальных отстойниках. Удаляют из сточных вод щелочи. Вещества, имеющие неприятный запах, удаляют хлорированием с отстаиванием. После локальной очистки сточные воды собирают в общий поток, отводят на общезаводские сооружения механической, физико-химической или биологической очистки.

Важным является то, что даже 90–95% техническая эффективность сооружений биологической очистки не гарантирует достаточного удаления из сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности органических веществ. Биологически очищенные сточные воды имеют высокую цветность (до 400°). Запах сточных вод исчезает при разведении в 200 раз. ХПК биологически очищенных вод достигает 280–350 мг O_2 /л. При отведении таких сточных вод в поверхностные водоемы вода в них имеет неприятный запах на расстоянии до 20 км ниже участка выпуска. Он исчезает лишь при разведении в 2–5 раз. В 3–4 раза возрастает цветность воды в водоемах, резко снижается концентрация растворенного в воде кислорода. В десятки раз возрастает содержание взвешенных частиц.

Санитарная охрана поверхностных водоемов от загрязнения промышленными сточными водами осложняется разнообразием физико-химического состава и свойств сточных вод, а также численностью предприятий.

Естественно, что аналогично тому, как решаются проблемы водоотведения и очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на городских очистных канализационных сооружениях, очистка промышленных сточных вод должна осуществляться методами в зависимости от их фазово-дисперсного состава.

**Система мероприятий по уменьшению загрязнения
поверхностных водоемов промышленными сточными водами**
(К.И. Акулов, К.А. Буштуева, Е.И. Гончарук и соавторы, 1986)

Мероприятия		
технологические	санитарно-технические	вспомогательные
Изменение технологических приемов производственного процесса Уменьшение количества и повторное использование сточных вод, создание замкнутых систем водоснабжения Утилизация ценных веществ сточных вод	Физические и механические приемы очистки и обезвреживания сточных вод. Химико-механические, химические, физико-химические приемы очистки и обезвреживания сточных вод. Биологические приемы очистки вместе с хозяйственно-бытовыми сточными водами или самостоятельно. Глубокая очистка (доочистка) биологически очищенных сточных вод	Планировочные, например, взаиморасположение мест водозабора и сброса сточных вод. Раздельное канализование цехов и предприятий. Регулирование сброса сточных вод

Мероприятия по уменьшению загрязнений поверхностных водоемов промышленными сточными водами приведены в табл. 35.

Очистка и обезвреживание промышленных сточных вод является важным мероприятием в деле санитарной охраны поверхностных водоемов. Результаты многочисленных научных исследований свидетельствуют, что в нашей стране успешно осуществляется проектирование и строительство очистных канализационных сооружений для большинства промышленных предприятий.

При проектировании и размещении промышленного предприятия на территории или вблизи города или при решении вопроса о совместной очистке и обезвреживании сточных вод от нескольких предприятий промышленной зоны и приближенного к ней жилого массива загрязненные промышленные сточные воды могут быть отведены непосредственно в городскую канализационную сеть. При этом они должны соответствовать нормам отведения в канализационную сеть. В данном случае будет осуществляться совместная очистка смеси промышленных и бытовых сточных вод на единых городских очистных сооружениях канализации. Загрязненные промышленные сточные воды обычно содержат специфические загрязнения, которые могут отрицательно влиять на условия эксплуатации канализационной сети города и городских очистных сооружений. При поступлении специфических загрязнений промышленных сточных вод в поверхностные водоемы может нарушаться режим их водопользования.

С целью предупреждения отрицательного влияния промышленных сточных вод на канализационную сеть населенного пункта, режим эксплуатации очистных сооружений или их отдельных элементов, а затем и на водоемы, куда сбрасывают очищенные сточные воды, содержащиеся в них загрязнения не должны привести к превышению ПДК этих веществ в воде поверхностных водоемов. Это необходимо учитывать на этапах проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию новых и реконструированных промышленных пред-

приятии. Соответствие таким требованиям может быть достигнуто внедрением на промышленных предприятиях малоотходных и безотходных технологий, систем повторного и оборотного водоснабжения, созданием бессточных и безотходных производств.

При выпуске промышленных сточных вод в канализационную сеть населенного пункта к ним предъявляется ряд требований, регламентированных соответствующими "Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов". Промышленные сточные воды, выпускаемые в канализационную сеть города, не должны:

- а) иметь БПК₂₀ выше уровня, указанного в проекте очистных сооружений канализации;
- б) нарушать работу канализационных сетей и очистных сооружений;
- в) иметь температуру свыше 40 °С и рН ниже 6,5 или выше 9,0;
- г) содержать вещества, способные засорять канализационные трубы, колодцы, решетки или откладываться на их поверхностях. Это твердые отходы, почва, абразивные порошки и другие грубодисперсные взвеси, гипс, известь, песок, металлическая или пластмассовая стружка, жиры, смолы и др.;
- д) разрушать трубы и элементы очистных сооружений;
- е) содержать горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные создавать взрывоопасные смеси в водоотводных сетях и очистных сооружениях;
- ё) содержать только неорганические вещества или вещества, не подвергаемые биологическому разложению;
- ж) содержать опасные бактериальные, вирусные, токсические и радиоактивные загрязнения;
- з) содержать биологически жесткие поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые подвергаются разрушению;
- и) ХПК превышать БПК₅, более чем в 2,5 раза.

Если промышленные сточные воды не отвечают указанным требованиям, их следует предварительно подвергнуть очистке на промышленном предприятии. Степень такой очистки обязательно согласовывают с городскими государственными администрациями и организациями, проектирующими очистные канализационные сооружения населенного пункта.

Среди методов очистки промышленных сточных вод заслуживает внимания классификация М.И. Лапина. В ней рассмотрен метод очистки промышленных сточных вод в зависимости от их фазово-дисперсного состава. В классификации выделены три группы основных методов очистки промышленных сточных вод: методы, основывающиеся на удалении примесей без изменения их химического состава; на преобразовании примесей с изменением их химического состава и биохимические методы.

Первая группа методов очистки промышленных сточных вод подразделяется в свою очередь на две подгруппы. Первая подгруппа предусматривает непосредственное (механическое) удаление примесей из воды. Их удаляют при помощи *механических решеток, сеток, микропроцеживания, отстаивания и осветления, центрифугирования, фильтрации, флотации, мембранного электрофореза.*

Вторая подгруппа предусматривает удаление примесей без изменения химического состава, исходя из характера распределения фаз: *дегазацию, отгонку, эвапорацию* (примеси — газовая фаза; вода — жидкая фаза); *выпаривание* (примеси — жидкая или твердая фаза; вода — газовая фаза); *коалесценцию, экстракцию* (примеси и вода — две жидкие несмешиваемые фазы); *вымораживание* (примеси — жидкая фаза; вода — твердая фаза); *кристаллизацию, сорбцию, коагуляцию* (примеси — твердая фаза; вода — жидкая фаза).

Удалять из промышленных сточных вод взвешенные вещества можно в гидроциклонах (открытых и под давлением). С целью удаления из сточных вод мелкодисперсных взвешенных веществ, а также для удаления из осадка ценных продуктов и их утилизации применяют центрифуги непрерывного или периодического действия. Удаление из сточных вод, кроме взвешенных веществ, СПАВ, нефтепродуктов, жиров, масел, смол и других веществ, не выпадающих в отстойниках, осуществляется в разных конструкциях флотационных установок. Для удаления из воды растворенных газов, находящихся в сточных водах в свободном состоянии, используют разные конструкции дегазаторов (работающие при атмосферном давлении или под вакуумом): с барботажным слоем жидкости, насадками разной формы и пустотные распылители.

Методы превращения примесей с изменением их химического состава (вторая группа) подразделяют на подгруппы: а) образование труднорастворимых электролитов; б) образование малодиссоциированных соединений; в) образование комплексных соединений; г) процессы синтеза и распада; д) окислительно-восстановительные процессы, в том числе электрохимические; г) термолиз. Характеристика указанных методов детально описана в специальных изданиях и учебных пособиях водоотведения промышленных предприятий.

Решая вопросы целесообразности применения биологической очистки промышленных сточных вод, следует обратить внимание на наличие в них загрязняющих веществ, способных к биохимической деструкции, и на то, что на эффективность процессов биологической очистки влияют различные факторы, в частности: а) структура примесей; б) токсические вещества; в) уровень питания биомассы; г) биогенные элементы; д) повышенная минерализация; е) активная реакция среды.

Исходя из этого, промышленные сточные воды, подлежащие биологической очистке, должны отвечать следующим требованиям:

а) содержать примеси, подлежащие биохимической деструкции. Накопленный опыт эксплуатации очистных сооружений, многочисленные исследования биохимического окисления чистых химических веществ свидетельствуют о том, что их химическая структура может существенно влиять на скорость биохимических процессов. Например, доказано, что первичные спирты окисляются *легче, чем* вторичные, вторичные *легче, чем* третичные, и т. д.;

б) содержать токсические вещества в концентрациях, не оказывающих отрицательного влияния на работу сооружений биологической очистки. Такими концентрациями являются те, которые не влияют заметно на работу биологических очистных сооружений ($\text{ПДК}_{60\text{с}}$). При этом следует учитывать, что в промышленных сточных водах могут содержаться токсические химические ве-

щества, вредное действие которых на биологические процессы, происходит при значительно меньших концентрациях. В этом случае, кроме $\text{ПДК}_{\text{б.о.с.}}$, следует учитывать ПДК_6 промышленных сточных вод, т. е. концентрацию, превышение которой уже может привести к любому отрицательному действию на процессы биологического окисления и жизнедеятельность микроорганизмов активного ила;

в) суточная нагрузка загрязнений на 1 г беззольной массы активного ила не должна влиять отрицательно на эффективность биологической очистки. При этом учитывают отношение ХПК/БПК. Оно, как уже отмечалось, не должно превышать 1,5;

г) иметь достаточный для нормального процесса синтеза клеточного вещества активного ила запас биогенных элементов питания — органического углерода, азота, фосфора. Это определяют отношением БПК : N : P (азот аммонийных солей или белковый и фосфор в виде растворенных фосфатов). Согласно рекомендациям СНиП 2.04.03-85, во время обработки городских сточных вод отношение $\text{БПК}_{20} : \text{N} : \text{P}$ должно быть не менее 100 : 5 : 1 ;

д) температура сточных вод должна быть в пределах 20—30 °С. В то же время, по нашим данным, аэробные биологические окислительные процессы еще происходят при минимальной температуре не ниже 6 °С. Установлено, что биологическая очистка сточных вод может происходить и при более высокой температуре (36—40 °С). Но, как свидетельствуют данные Ц.И. Роговской (1972), при температуре 37—40 °С (против 20 °С в норме) возрастает в 1,7—2,2 раза расход воздуха для аэрации аэротенков, чаще наблюдается вспухание активного ила;

е) общая концентрация растворенных солей, не влияющая отрицательно на скорость биохимического окисления, не должна превышать 10 г/л. При более высоких концентрациях (до 20 г/л) необходима длительная (до 1 мес) адаптация активного ила;

ё) значение водородного показателя (рН) сточных вод, оптимальное для жизнедеятельности микроорганизмов, должна быть в пределах 6,5—8,5. Превышение значения рН часто способствует пенообразованию, особенно при наличии в сточных водах СПАВ, масел, сульфитных и сульфатных основ.

Государственный санитарный надзор за санитарной охраной водоемов и очисткой сточных вод

Государственный санитарный надзор за водоотведением населенных пунктов и санитарным состоянием водоемов населенных мест предусматривает:

1. Выявление и учет объектов, на которых образуются сточные воды, определение их объема, необходимой эффективности очистки, места возможного выпуска в водоемы или способа утилизации.

2. Составление и своевременное дополнение санитарного паспорта очистных сооружений централизованной канализации по данным углубленного са-

янтарного обследования, а в дальнейшем — планового текущего санитарного надзора.

3. Составление и своевременное дополнение санитарного паспорта мест-
< • ных очистных сооружений малой канализации в сельских населенных пунктах, на отдельно расположенных объектах по данным углубленного санитарного обследования, а в дальнейшем — планового текущего санитарного надзора.

4. Периодическое санитарное обследование действующих канализационных сооружений; оценка эффективности очистки и обеззараживания сточных вод по данным лабораторного исследования.

5. Контроль выполнения плана производственно-лабораторного контроля на всех этапах очистки и обеззараживания сточных вод; за соблюдением противоэпидемического режима на очистной станции.

6. Систематический контроль санитарного состояния водоемов и соответствия качества воды в поверхностных водоемах, куда сбрасываются сточные воды, требованиям "Правил".

7. Санитарно-просветительная работа по вопросам санитарной охраны поверхностных водоемов.

Осуществляя предупредительный и текущий санитарный надзор за водоотведением населенных мест и санитарной охраной водоемов, врач по коммунальной гигиене руководствуется законодательными и официальными нормативными документами:

1. Конституцией Украины, принятой на пятой сессии Верховной Рады Украины 28.06.1996 г.

2. Основами законодательства Украины о здравоохранении, утвержденными Постановлением Верховной Рады Украины № 2801-ХІІ от 19.11.1992 г.

3. Законом Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения", утвержденным Постановлением Верховной Рады Украины № 4004-ХН от 24.02.1994 г.

4. Законом Украины "Об охране окружающей природной среды", утвержденным Постановлением Верховной Рады Украины от 25.06.1991 г.

5. Водным кодексом Украины, утвержденным Постановлением Верховной Рады Украины от 06.06.1995 г.

6. Законом Украины "О питьевой воде и питьевом водоснабжении", утвержденным Постановлением Верховной Рады Украины № 2918-Ш от 01.01.2002 г.

7. СНиП 2.04.03-85 "Канализация, наружные сети и сооружения".

8. СНиП 2.04.01-85 "Внутренний водопровод и канализация зданий".

9. Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений возвратными водами, утвержденными Постановлением Кабинета Министров Украины № 465 от 25.03.1999 г.

10. Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения (СанПиН 4630-88).

11. ДСТУ 2569-94 "Водоснабжение и канализация. Термины и определения".

12. ДСТУ 3041-95 "Система стандартов в области охраны окружающей среды и рационального использования ресурсов. Гидросфера. Использование и охрана воды. Термины и определения".

13. "Положением о порядке проектирования и эксплуатации зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения", утвержденных МЗ СССР № 2640-82 18.12.1982 г.

14. Постановлением Кабинета Министров Украины № 2024 от 18.12.1998 г о "Правовом режиме зон санитарной охраны водных объектов".

Есть и другие государственные стандарты, санитарные правила и нормы, инструктивно-методические документы, утвержденные Министерством здравоохранения Украины.

Предупредительный санитарный надзор. Предупредительный санитарный надзор в области санитарной охраны поверхностных водоемов предусматривает: а) участие врача-профилактика в выборе и отведении земельного участка под строительство сооружений для очистки сточных вод, а также в выборе способа очистки и места отведения сточных вод в водоем;

б) определение (расчет) всех проектируемых сбросов хозяйственно-бытовых, промышленных и дождевых сточных вод в водоемы, исходя из общих требований к качеству и свойствам воды водоемов в пунктах питьевого и культурно-бытового водопользования;

в) проведение санитарной экспертизы проектов строительства, реконструкции и расширения канализации населенных мест, промышленных предприятий, других объектов, сточные воды которых могут быть источником загрязнения водоемов;

г) осуществление санитарного надзора в процессе строительства канализации и очистных сооружений;

д) участие в приемке в эксплуатацию законченных строительством очистных канализационных станций или отдельных сооружений, их испытание в пусковой период эксплуатации.

Начинается предупредительный санитарный надзор на стадии выбора и отведения земельного участка под строительство сооружений по очистке сточных вод; выбора и оценки технологической схемы канализования населенного пункта, промышленного предприятия или отдельного объекта; определения эффективности очистки сточных вод; возможности их утилизации в сельском хозяйстве; определения места и условий выпуска сточных вод в открытый водоем; прогнозирования качества воды в водоеме после сброса сточных вод. В этой работе врачу-профилактику предоставляются особые полномочия в соответствии с "Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом надзоре в Украине" (утвержденном Постановлением Кабинета Министров Украины № 1109 от 22.06.1999 г.). Окончательный вывод о пригодности открытого водоема в качестве источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и использования его населением для массового отдыха, спортивно-оздоровительных и других целей делает санитарно-эпидемиологическая служба.

Санитарная экспертиза проекта канализации населенного пункта, промышленного предприятия или отдельного объекта начинается с *ознакомления с официальными нормативными документами*, в соответствии с которыми осуществляют экспертизу проектов по санитарной охране водоемов. Затем следует

проверка полноты представленных материалов (пояснительной записки, генерального и ситуационного плана, чертежей очистных сооружений, данных лабораторного исследования сточных вод, обоснования выбранного варианта схемы и метода очистки сточных вод, места их отведения в водоем, других материалов, приложений, мероприятий по охране окружающей среды). На следующем этапе врач *знакомится с паспортными данными проекта* (название, стадия проектирования, организация-разработчик, авторы, год разработки). Собственно *экспертиза материалов проекта* начинается с ознакомления с пояснительной запиской. Прежде всего обращают внимание на разделы, в которых дано обоснование строительства или расширения канализации, выбора системы, устройство и расчет пропускной способности канализационной сети. Важно выяснить, предусмотрена ли канализация объектов, более всего нуждающихся в ней по санитарным показаниям. Согласовано ли строительство с общей схемой канализации по проекту генерального плана развития и реконструкции населенного пункта. Необходимо также уточнить очередность введения отдельных участков канализации в эксплуатацию, присоединение к канализации общественных зданий и сооружений, промышленных предприятий.

Изучая пояснительную записку и генеральный план населенного пункта, врач-гигиенист оценивает схему и систему канализации. Уточняет, какую схему (централизованную, децентрализованную, смешанную, частичную) и какую систему канализации (общесплавную, полную раздельную, неполную раздельную, комбинированную, полукombинированную) планируется построить в населенном пункте.

При экспертизе проектных материалов важна проверка расчетов количества сточных вод, образующихся в населенном пункте. Она дает возможность установить, все ли объекты, обеспеченные централизованным водоснабжением, были учтены при расчете количества сточных вод, подлежащих отведению. Проверяя расчеты норм водоотведения, приведенных в СНиП 2.04.03-85, необходимо уточнить показатели с учетом местных климатических и других условий.

Проверка расчетов концентрации загрязнений в сточных водах необходима для прогнозирования их санитарной опасности, выбора способа очистки, расчета основных параметров очистных сооружений и эффективности очистки. Если предусматривается совместная очистка хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, обязательным является изучение данных о количестве и качестве промышленных сточных вод, а также характера и степени их предварительной очистки на локальных сооружениях. Проверяют соответствие состава промышленных сточных вод условиям выпуска их в городскую канализацию.

Важным этапом экспертизы проекта является проверка расчетов условий выпуска сточных вод в водоемы и определение необходимой степени их очистки. Этот вид экспертизы осуществляют по методике определения условий выпуска сточных вод в водоемы.

Наиболее важным этапом экспертизы проекта канализации является оценка принципиальных схем очистки сточных вод. Объясняется это тем, что от правильного выбора очистных сооружений зависят эффективность их работы,

надежность эксплуатации и охрана окружающей среды от загрязнений. При выборе очистных сооружений прежде всего учитывается количество сточных вод. Каждое сооружение рассчитывается на определенную гидравлическую нагрузку или концентрацию загрязнений в сточных водах, при которых достигается максимальный эффект очистки согласно СНиП 2.04.03-85. Показания к выбору тех или иных способов очистки приведены в табл. 36. Максимальные технические возможности очистных сооружений должны быть указаны в пояснительной записке проекта канализации населенного пункта.

Оценивая технологическую схему, следует сравнить суммарный эффект очистки с необходимым, определенным расчетным методом.

Анализируя местные условия, врач-профилактик прежде всего должен решить вопрос о возможности применения почвенных методов очистки. При наличии достаточных земельных участков и благоприятных климатических условий этому методу следует отдавать предпочтение.

После оценки технологической схемы проводят экспертизу проектов основных сооружений очистной канализационной станции. Проверяют основные параметры отдельных сооружений, их соответствие количеству и качеству сточных вод, поступающих на очистку, достижение максимального конечного результата очистки сточных вод.

Завершается экспертиза проекта оценкой устройства канализационной сети. При этом следует в первую очередь оценивать, насколько обеспечена защита водопроводной сети от возможного влияния на нее канализационных сточных вод. Если проектом предусмотрена определенная очередность в строительстве канализации, необходимо проверить, планируется ли при строительстве первой очереди одновременно с прокладкой канализационной сети возведение очистных сооружений для более быстрого ввода в эксплуатацию части канализационной системы.

Если по условиям рельефа местности населенного пункта сточные воды будут отводиться с его территории при помощи насосных станций перекачки, необходимо оценить благоустройство территории, в том числе и санитарно-защитные разрывы, наличие аварийных сбросов и объем резервуара для накопления сточной воды, его соответствие часовому расходу сточных вод.

При проведении санитарной экспертизы размеров СЗЗ от очистных сооружений канализации до границы территории, застраиваемой жилыми и общественными зданиями, предприятиями пищевой промышленности с учетом их перспективного расширения, врач-профилактик должен руководствоваться данными табл. 37.

Для очистных сооружений канализации производительностью более 280 м³/сут, а также при отклонении от технологии очистки сточных вод и обработки их осадка размер СЗЗ должен быть согласован с главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения.

Если территория жилой застройки расположена с подветренной стороны по отношению к очистным сооружениям канализации, размеры СЗЗ могут быть увеличены, но не более чем в 2 раза. Если же роза ветров местности благоприятна, указанные величины СЗЗ можно уменьшить, но не более чем на 25%.

ТАВЛИЦА 36

Сводные данные по выбору очистных сооружений малой канализации в зависимости от местных условий

Очистные сооружения для биологической очистки сточных вод	Показания к применению				Примечания
	Почвы	Уровень грунтовых вод	Среднегодовая температура воздуха, °C	Рельеф	
Сооружения местной канализации					
Фильтрующие колодцы	Песок, супесок, легкий суглинок	Не менее 1 м ниже дна колодца	От 0 до -15	Спокойный, слабо выраженный, с незначительным перепадом отметок, $i = 0,02-0,03$	1. Размещение очистных сооружений местной канализации рекомендуется осуществлять на участке канализуемого объекта согласно СНИП 2.04.03-85 2. Санитарно-защитные разрывы между канализационными очистными сооружениями и грунтовыми водозаборными колодцами рекомендуется выбирать согласно СНИП 2.04.03-85
	Песок, супесок, легкий суглинок	Не менее 1 м ниже лотка орошающих труб	От 0 до -15	Спокойный, слабо выраженный, с незначительным перепадом отметок, $i = 0,02-0,03$	
Поля почвенного орошения	Песок, супесок, легкий суглинок	Не менее 1 м ниже лотка отводных труб	Выше -10	То же, с незначительным перепадом отметок, $i = 0,02$	3. На одном объекте канализования (больницы, школы и т. п.) допустимо оборудование трех самостоятельных систем
	Песчано-гравийные фильтры	Не менее 1 м ниже лотка отводных труб	От 0 до -15	Резко выраженный, с значительным перепадом отметок, $i = 0,08-0,10$	
Фильтрующие траншеи	Тяжелый суглинок	Не менее 1 м ниже лотка отводных труб	От 0 до -15	Заметно выраженный, с значительным перепадом отметок, $i = 0,06-0,07$	

Капельные биофильтры малой мощности (до 10 м³/сут), например очистная установка фирмы "Uro Vesipolka"	Тяжелый суглинок	Не менее 1 м от остова сооружения. При уровне грунтовых вод более чем 1 м необходимо предусмотреть гидроизоляцию сооружения		Резко выраженный, с значительными перепадами отметок, $i = 0,07-0,08$	4. Размещать очистные сооружения малой мощности следует за пределами участка канализуемого объекта, согласно данным рекомендациям
Малые поля фильтрации	Песок, супесок, легкий суглинок	Не менее 1,5 м от поверхности земли	От 0 до -15	Спокойный, слабо выраженный с перепадом отметок, $i = 0,02$	
Малые поля орошения	Супесок, пресная глина	Не менее 1 м от поверхности земли (при отсутствии снижения уровня грунтовых вод)	От 0 до -15	Спокойный, слабо выраженный с перепадом отметок, $i = 0,02$	
Биологические пруды	Тяжелый суглинок, глина	Не менее 1 м от поверхности земли	Выше 10	С значительным перепадом отметок, $i = 0,07$	
Биологические фильтры	Любые грунтовые условия, при отсутствии земельных территорий	Не менее 1 м от остова сооружения. При уровне залегания грунтовых вод выше 1 м необходимо предусмотреть гидроизоляцию сооружения	Выше 10	С значительным перепадом отметок, $i = 0,07-0,08$	
Циркуляционно-окислительные каналы, аэроокислители радиального типа, компактные установки, аэротенки-осветлители конструкции НИКТИ, автоматическая станция "Симбиотек" и др.	Любые грунтовые условия, при отсутствии земельных территорий	Не менее 1 м от остова сооружения. При уровне залегания грунтовых вод выше 1 м необходимо предусмотреть гидроизоляцию	Выше 7	Спокойный, $i = 0,02$	

Размеры СЗЗ для очистных сооружений канализации
(СНиП 2.04.03-85) в зависимости от производительности, м

Сооружения	Расчетная производительность сооружений, м ³ /сут			
	До 0,2	От 0,2 до 5	От 5 до 50	От 50 до 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сбраживания осадка, а также отдельно расположенные иловые площадки	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой осадка в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля фильтрации	200	300	500	—
Земледельческие поля орошения	150	200	400	—
Биологические пруды	200	200	300	300
Сооружения с циркуляционно-окислительными каналами	150	—	—	—
Насосные станции	15	20	20	30

Если на территории очистных сооружений канализации (производительностью более 200 м³/сут) отсутствуют иловые площадки, размеры СЗЗ следует уменьшить на 30%. От наземных полей фильтрации площадью до 0,5 га, а также очистных сооружений канализации с биологическими фильтрами производительностью до 50 м³/сут размеры СЗЗ устанавливают в пределах 100 м; от полей подземной фильтрации производительностью до 15 м³/сут — 15 м; ПГФ и ФТ — 25 м; ФК — 8 м; от аэрационных сооружений на полное окисление сточных вод с аэробной стабилизацией ила производительностью до 700 м³/сут — 50 м.

Кроме того, размер СЗЗ для сливных станций должен составлять 300 м; от очистных сооружений поверхностных вод поселковых территорий — 100 м; от насосных станций — 15 м; от очистных сооружений канализации промышленных предприятий, а также от шламонакопителей, в зависимости от состава и свойств шлама, — по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы.

Расположение очистных сооружений канализации, проектируемых, строящихся или реконструируемых, должно быть указано на плане.

В проекте должны быть данные о согласовании с местной санитарно-эпидемиологической службой размещения площадки очистных сооружений, метода очистки сточных вод и места их отведения в поверхностный водоем.

Проводя санитарную экспертизу проектов строительства (реконструкции) промышленных предприятий, отдельных цехов или технологических линий, необходимо уделить особое внимание ознакомлению с технологическим регламентом предприятия, условиями образования сточных вод, их количеством, физико-химическими свойствами, эффективностью очистки и режимом отве-

дения в поверхностные водоемы с возможными последствиями влияния их на качество воды в водоеме.

На заключительном этапе санитарной экспертизы проекта канализации населенного пункта, отдельно расположенного объекта или промышленного предприятия изучают раздел, посвященный мероприятиям по охране окружающей среды.

После рассмотрения проекта составляют экспертное заключение по утвержденной форме (форма № 303/о), имеющее две части. В первой части должны быть приведены паспортные данные проекта и все его составляющие в соответствии со схемой проведения санитарной экспертизы. В констатирующей части приводят основное содержание проекта, где указываются его положительные стороны и недостатки, обосновываются предложения по внесению изменений к проекту. В общем заключении излагают принятое врачом-профилактиком решение: согласовать или отклонить проект при выявлении нарушений и возвратить на доработку.

Санитарный надзор за строительством очистных канализационных сооружений является обязательным этапом предупредительного санитарного надзора. Его основная задача сводится к контролю за выполнением строительно-монтажными организациями работ в строгом соответствии с проектом.

Желательно, чтобы на всех этапах надзора, начиная с выбора земельного участка для устройства очистных канализационных сооружений и заканчивая работой комиссии по их приемке в эксплуатацию, принимал участие один и тот же врач отделения коммунальной гигиены санитарно-эпидемиологической станции. На каждый строящийся или реконструируемый объект заполняют специальную карту по установленной форме (форма № 305/о). В карту заносят результаты санитарного надзора строящегося или реконструируемого объекта. Каждое санитарное обследование объекта завершается составлением акта.

Порядок приемки в эксплуатацию построенных (реконструированных) очистных канализационных сооружений определяется Государственными строительными нормами Украины "Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения. ДБН А.31-3-94". Приемка начинается после предварительных гидравлических испытаний трубопроводов и емкостных сооружений (продолжительностью не менее 3 сут), при нагрузке чистой или сточной водой, а также после проверки взаимодействия всех сооружений.

Гигиеническую эффективность работы очистных сооружений оценивают по влиянию сточных вод на водоем и его санитарное состояние в пунктах водопользования.

Неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды играют важную этиологическую роль в формировании уровня здоровья населения. Объясняется это тем, что согласно первому закону гигиены, нарушение уровня здоровья людей возможно при наличии трех движущих сил: источника вредности (загрязнителя), механизма (фактора) передачи или воздействия этого загрязнителя и восприимчивого чувствительного к этому загрязнителю организма.

Недостатки в техническом состоянии или эксплуатации очистных сооружений хозяйственно-бытовой или промышленной канализации снижают ее оздоровительное значение. Они также могут быть причиной опасного загрязнения поверхностных водоемов, атмосферного воздуха, почвы территории жилой застройки населенных мест и промышленных площадок. Сброс неочищенных и недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод (одной из трех движущих сил нарушения уровня здоровья населения) непосредственно в водные объекты и через систему городской канализации способствуют химическому и бактериальному загрязнению источников водоснабжения, ухудшению экологического состояния бассейнов большинства рек и отдельных притоков.

Из этого следует, что только обеспечение соответствия степени очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод установленным нормативам и стандартам дает возможность предотвратить загрязнение поверхностных водоемов, достичь экологически безопасного использования водных ресурсов для удовлетворения хозяйственных нужд общества. Рациональная эксплуатация очистных канализационных сооружений обеспечивает максимальное использование их мощности и гарантирует необходимые санитарно-гигиенические результаты работы. Кроме того, она способствует решению основной задачи — охраны окружающей среды, в первую очередь водных источников, от загрязнения органическими веществами антропогенного происхождения.

Очистные сооружения, в том числе малой канализации, должны обеспечивать необходимый санитарно-технический эффект очистки сточных вод, т. е. числовые значения показателей качества очистки не должны превышать проектные или нормативные величины. Очистные канализационные сооружения, эксплуатируемые с нарушением технологического регламента, отрицательно влияют на окружающую среду, в частности поверхностные водоемы. В реки, водохранилища, озера, пруды без очистки или с эффектом очистки, не отвечающие санитарно-гигиеническим требованиям, сбрасываются хозяйственно-бытовые сточные воды более 40% действующих в Украине очистных сооружений канализации. Кроме поверхностных водоемов, загрязняются также почва, атмосферный воздух.

Препградой на пути антропогенного загрязнения окружающей среды должна стать оптимальная санитарно-техническая эксплуатация очистных сооружений канализации. Среди первоочередных профилактических мероприятий следует выделить регулирующий критериальный оценочный показатель — гигиеническую эффективность работы очистных сооружений канализации и детоксикацию сточной воды. Иначе говоря, гигиеническая эффективность, наряду с другими мероприятиями, корректирует технологический процесс до достижения нормативных показателей, регламентирует качество очищенной сточной воды, предупреждает загрязнение окружающей среды. Внедрение механизма комплексной гигиенической оценки в технологический процесс очистки сточных вод и их осадков на очистных сооружениях канализации предполагает реализацию следующих задач: 1) оценка состава очистных сооружений канализации и технологии обработки сточной воды; 2) определение необходимой степени

очистки сточных вод; 3) определение целесообразности использования очищенных сточных вод для сельскохозяйственного орошения; 4) определение целесообразности обезвреживания и утилизации осадка сточных вод; 5) гигиеническая оценка качества сточной воды по данным санитарно-химического и бактериологического анализа; 6) оценка работы очистных сооружений и качества сточной воды по технологическим показателям; 7) комплексная оценка работы очистных сооружений и технологии обработки сточной воды по результатам санитарного обследования с целью оптимизации их эксплуатации.

Основные положения комплексной гигиенической оценки могут быть применены и при очистке промышленных сточных вод, но с учетом следующих дополнений: 1) определение и оценка концентрации вредных веществ (загрязнений) в канализационной сети на выпуске промышленного предприятия; 2) определение и оценка концентрации вредного вещества в сточных водах на входе в сооружение биологической очистки; 3) оценка величины временно согласованного отведения данного вещества в водоем на выпуске городских очистных сооружений канализации или общего лимита на сброс данного вещества в водоем.

Гигиеническая эффективность напрямую связана с определением необходимой степени очистки сточных вод по санитарно-токсикологическому, общесанитарному и органолептическому показателям вредности, по которым устанавливается ПДК. Определяют по уравнению материального баланса:

$$\frac{qC_{\text{ст. нр}}}{\text{ПДС}} + \frac{QC_{\text{ф}}}{\text{Фон}} = \frac{C_{\text{нр}}(q + aQ)}{\text{Нормативное состояние водоема}},$$

где q , Q — расходы сточной и речной воды ($\text{м}^3/\text{ч}$); $C_{\text{ст. нр}}$, $C_{\text{ф}}$ — концентрация лимитирующего вещества соответственно к нормативно очищенной сточной воде и в поверхностном водоеме выше места сброса ($\text{г}/\text{м}^3$); $C_{\text{нр}}$ — ПДК лимитирующего вещества в воде водоема в зависимости от категории водопользования ($\text{г}/\text{м}^3$); a — коэффициент смешения (доли единицы).

Значение $C_{\text{ст}}$ характеризует концентрацию загрязняющих веществ сточных вод, которая должна быть достигнута вследствие их очистки и отвечать нормативным показателям.

Эти расчеты дают возможность определить необходимую степень очистки сточных вод, осуществить оптимизацию технологического процесса их обработки и установить предельно допустимый сброс загрязняющих веществ в водоем. Оптимизация эксплуатации очистных сооружений канализации обеспечивает экологически безопасную деятельность и значительно уменьшает влияние очистных канализационных станций на окружающую среду.

РАЗДЕЛ
III
**САНИТАРНАЯ ОХРАНА
ПОЧВЫ И ОЧИСТКА
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ**

**История развития санитарной охраны почвы.
Показатели, характеризующие основные
свойства почвы, их гигиеническое значение**

В истории гигиены самыми древними профилактическими мероприятиями по охране здоровья людей были мероприятия, направленные на санитарную охрану почвы. В то время люди ходили босиком, спали на земле или в земляных укрытиях, дышали почвенным воздухом, пили грунтовую воду и, наконец, питались продуктами, выращенными на почве.

Проблема влияния почвы на здоровье людей интересовала человечество с давних времен. Накопленные знания, которые сосредоточивались в то время у жрецов, историков, философов, биологов, врачей, свидетельствуют об этом. Используя определенные приметы, различали местности со здоровыми и нездоровыми почвами. Здоровыми считались местности, расположенные на возвышенностях, с низким уровнем стояния грунтовых вод, с хорошо прогреваемыми и сухими почвами. К нездоровым, эпидемиологически опасным почвам относили территории, расположенные в низменностях, с высоким уровнем залегания грунтовых вод, затопляемые, сырые, с частыми туманами.

Древнегреческий врач, реформатор античной медицины Гиппократ (460—377 гг. до н. э.) в труде "О воздухе, воде и местностях" доказал, что почва является главным фактором, влияющим на здоровье населения. По его мнению, при определенных условиях в воздухе появляются вредные испарения (миазмы¹), обуславливающие болезни.

Все это способствовало формированию представления о тесной связи между свойствами почвы и возникновением болезней. Часто люди массово переселялись в более "здоровые" местности. Начали развиваться научные представления в области гигиены почвы, которые, несомненно, связаны с предыдущими достижениями естествознания.

Особое место в истории санитарной охраны почвы занимают исследования ученых второй половины XIX в. Заслуживает внимания деятельность вы-

¹ Миазмы — от греч. *miasma*, т. е. загрязнение. По давним (в добактериальный период) представлениям, это ядовитые испарения, продукты гниения, которые вызывают заразные болезни. С XIX в. термин "миазмы" употребляют лишь в переносном значении (БСЭ. — 16 т. — М., 1974, — С. 206).

дающего немецкого ученого, основоположника экспериментальной гигиены Макса Жозефа Петтенкофера (1818—1901). В то время роль микроорганизмов в инфекционном процессе еще не была установлена. Практически ничего не знали о микрофлоре почвы. Возможно, поэтому М. Петтенкофер связывал все болезни с ее свойствами, создав "почвенную, или локалистическую, теорию возникновения и распространения болезней", которая развивала миазматическую теорию Гиппократа.

М. Петтенкофер связывал возникновение эпидемий с такими свойствами почвы, как механический состав, уровень залегания грунтовых вод, количество органических веществ, содержание углекислого газа. Он считал, что местности с почвами, которые легко проницаемы от поверхности земли до уровня грунтовых вод, с колебанием уровня грунтовых вод, тяжелым механическим составом, большим содержанием органических веществ, углекислого газа в почвенном воздухе, являются нездоровыми.

Не зная о существовании возбудителей кишечных инфекций, М. Петтенкофер выдвинул ряд косвенных (непрямых) показателей, по которым можно было судить о санитарном состоянии почвы и о той эпидемиологической опасности, которую она может представлять для здоровья людей. Чем выше уровень залегания грунтовых вод, т. е. чем ближе они к поверхности земли, тем легче могут загрязняться нечистотами, попадающими на поверхность почвы. Аналогично этому почвы, содержащие большое количество углекислого газа и чужеродных органических веществ, обычно являются загрязненными, в них, безусловно, могут находиться возбудители кишечных инфекций.

М. Петтенкофер так верил в свою теорию и она была так популярна во всем мире (нашла поддержку также в России в лице Ф.Ф. Эрисмана, О.П. Доброславина, В.А. Субботина, П.М. Козлова, И.И. Моллесона и др.), что даже после открытия возбудителей кишечных инфекций ученый не придавал этому особого значения.

Роберт Кох (1843—1910), немецкий ученый-бактериолог, один из основателей современной микробиологии, в 1883 г. обнаружил возбудителя холеры, выделив его в чистой культуре из испражнений больных во время эпидемии холеры в Египте¹.

Ученый провел ряд исследований в Александрии и Калькутте. 17 сентября он написал в Германию, что возбудитель холеры обнаружен. Но доказать триаду Генле—Коха² при решении вопроса о роли микроорганизмов в этиологии инфекционных заболеваний, в частности холеры, ему не удалось.

Впервые возбудителя холеры в 1854 г. выявил итальянский патологоанатом Ф. Панини, но доказать роль холерного вибриона в этиологии холеры не смог.

Суть триады Генле—Коха заключается в следующем: 1) микроорганизм, предполагаемый в качестве возбудителя инфекционного заболевания, всегда должен быть обнаружен только при данном заболевании, не выделяться при других болезнях и от здоровых людей; 2) данный микроорганизм должен быть выделен в чистой культуре; 3) чистая культура микроорганизма должна вызывать у экспериментальных животных заболевание с клинической и патологоанатомической картиной, свойственной заболеванию человека.

М. Петтенкофер не согласился с Р. Кохом относительно этиологической роли холерного вибриона в возникновении холеры у людей. Для доказательства правомочности собственной теории в научном споре с Р. Кохом М. Петтенкофер отважился провести исследования на себе. Ассистенты пытались отговорить его от опасного эксперимента.

74-летний профессор 7 октября 1892 г. после завтрака налил в стакан 100 мл воды, добавил 1 г питьевой соды, 1 мл культуры вибрионов холеры, которую получил из Берлинского микробиологического института, и выпил "коктейль". Через 3 сут М. Петтенкофер заболел, появились катаральные симптомы со стороны кишечника, но аппетит не ухудшился. Он продолжал питаться, как и прежде. И только из-за ухудшения состояния 13 октября ученый перешел на диету. На следующий день функции кишечника восстановились. В течение всего этого периода он не принимал никаких лекарств.

15 октября М. Петтенкофер выздоровел, победив в научной дискуссии Коха. Тогда ученики решили укрепить позицию своего учителя и повторить этот опыт на себе. Один из последователей М. Петтенкофера — Р. Эммерих, который в дальнейшем сменил своего учителя на его должности, 17 октября также выпил культуру вибрионов холеры. Но Эммерих, хоть и принял меньшую дозу культуры по сравнению с Петтенкофером, осложнил опыт тем, что после выпитого намеренно "коктейля" переел и переохлаждался, тем самым ослабляя организм. У него обнаружили катаральные симптомы со стороны кишечника, но клинических признаков классической холеры не было.

Поскольку Р. Кох, зная об опытах М. Петтенкофера и Р. Эммериха, продолжал научную дискуссию о роли холерного вибриона в возникновении опасной болезни, этот опыт решил провести на себе еще один ученик М. Петтенкофера — Оргель. К сожалению, эксперимент закончился трагически: он заболел классической холерой и умер.

Этот эксперимент является прекрасным примером отношений между учителем и учениками. Для поддержки М. Петтенкофера его ученики — Р. Эммерих и Оргель — без колебаний готовы были отдать не только собственное здоровье, но и жизнь.

Следует отметить, что только после смерти Оргеля М. Петтенкофер внес в локалистическую теорию поправку на то, что массовое поражение людей может наступить лишь в том случае, если возбудитель холеры попадет в почву, активизируется в ней как в наиболее благоприятной среде и приобретет способность вызвать холеру. Но это дополнение было также ошибочным, так как на самом деле почва является наиболее неблагоприятной средой для холерного вибриона.

Локалистическая теория М. Петтенкофера обусловила проведение оздоровительных мероприятий во многих странах мира. Во-первых, началось бурное благоустройство городов, населенные пункты стали очищать от жидких и твердых отходов. Под строительство новых населенных пунктов выбирали места с хорошо инсолируемыми, сухими почвами, низким уровнем залегания грунтовых вод и т.д. Во-вторых, локалистическая теория явилась толчком для изучения санитарного состояния почвы населенных мест и разработки методик

его исследования. В этот период оригинальные исследования по изучению свойств почвы проводили М. Петтенкофер, его последователи Фодор, Флек, Флюгге, Гофман, Зойка, Р. Эммерих, Ренк и др. В отечественной гигиенической науке вопросам санитарной охраны почвы также уделялось большое внимание, о чем свидетельствовали труды Ф.Ф. Эрисмана, О.П. Доброславина, С.Ф. Бубнова, Д.П. Величковского, В.Я. Головацкого и др. В частности, О.П. Доброславин исследовал почву Санкт-Петербурга, С.Ф. Бубнов и П.М. Козлов — Киева. Кроме того, методиками исследования физического, газового и химического состава почвы, разработанными в тот период, пользуются и в наше время.

Этот период длился от древних времен до открытия микроорганизмов А. Левенгуком (1673—1677) и выделения микробиологии как науки Луи Пастером (1852).

Второй период современной истории развития санитарной охраны почвы (1852—1952) связан с тщательным изучением не только ее физических свойств и химического состава, но и всего живого, что населяет почву. Проведенные в этом направлении исследования продемонстрировали, что почва играет большую роль в эпидемиологии кишечных инфекций и инвазий. В эти годы русский ученый О.П. Виноградов (1895—1975) положил начало учению о природных биогеохимических провинциях, которые играют ведущую роль в возникновении эндемических болезней, связанных с избытком или недостатком химических элементов в почве. Изучая микроэлементный состав почв в разных регионах России и бывшего СССР, он заметил, что в некоторых местностях содержание тех или иных химических элементов в почве слишком велико или, наоборот, слишком мало. Недостаток или избыток тех или иных химических элементов в почве приводил к дефициту или избытку их в поверхностных и подземных водах, и, как следствие, в питьевой воде и пищевых продуктах. Кроме того, аномально высокое или низкое содержание химических элементов выявляли в пищевых продуктах растительного и животного происхождения. Определенным образом это влияло на здоровье людей, продолжительное время проживавших в той местности. У них регистрировали заболевания, которых у жителей других регионов не было. Такие местности получили название биогеохимических провинций, а заболевания, которые там регистрировались, — геохимических эндемий, или эндемических болезней. Результаты исследований продемонстрировали, что почве принадлежит ведущая роль в возникновении эндемических болезней, классическими представителями которых являются эндемический зоб и флюороз.

В этот же период начинается изучение почвы как наиболее подходящей естественной среды для обезвреживания бытовых и промышленных твердых отходов. Формируется представление как о роли почвы в круговороте веществ в природе, так и о процессах самоочищения.

Третий период (1952—1972) характеризуется повышением внимания к проблемам гигиены почвы. В это время основным и наиболее опасным в санитарном и эпидемиологическом отношении источником загрязнения почвы были твердые и жидкие бытовые и промышленные отходы, которые содержали

значительное количество патогенных бактерий, вирусов, простейших, яиц геогельминтов и токсических химических веществ. Поэтому усилия гигиенистов главным образом были направлены на разработку научно обоснованных систем сбора, удаления, обезвреживания и утилизации твердых и жидких бытовых и промышленных отходов в населенных пунктах. Внедрение таких систем в населенных пунктах давало возможность влиять на механизм передачи возбудителей кишечных инфекций и инвазий как самое чувствительное звено эпидемического процесса и тем самым предупреждать распространение кишечных инфекций и инвазий, а также техногенных интоксикаций среди населения. Актуальным оказалось установление СЗЗ между очистными канализационными сооружениями и жилыми зданиями, водозаборными сооружениями.

В 70-е годы вследствие химизации народного хозяйства началось интенсивное загрязнение окружающей среды, в частности почвы, пестицидами, минеральными макро- и микроудобрениями, структурообразователями почвы, стимуляторами роста растений, другими экзогенными химическими веществами (ЭХВ). Это привело к групповым и массовым отравлениям людей. Перед гигиенистами были поставлены задачи: изучить роль почвы в циркуляции экзогенных химических веществ, разработать гигиенические регламенты содержания этих веществ в почве и установить ее роль в формировании здоровья населения.

Поэтому логическим продолжением 20-летних исследований, проведенных по санитарной охране почвы от химических и бактериальных загрязнений, стало научное обоснование теории, методологии и принципиальной схемы нормирования ЭХВ в почве (Е.И. Гончарук, Л.Б. Шостак, В.А. Никоненко, А.С. Прокопович и др.).

В процессе разработки теории, методологии и принципиальной схемы нормирования ЭХВ в почве были учтены отдельные научные данные коллег и оппонентов из Киевского НИИ общей и коммунальной гигиены (ныне Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины) — профессора С.Я. Найштейн, из Всесоюзного научно-исследовательского института гигиены и токсикологии пестицидов, полимерных и пластических масс им. Л.И. Медведя МЗ СССР (ныне ЭКОГИНТОКС) — профессора Е.И. Спыну, из Института общей и коммунальной гигиены им. А.Н. Сысина Российской АМН (ныне Институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина) — академика АМН СССР Г.И. Сидоренко, профессора В.М. Перельгина, Н.В. Русакова, а также Н.И. Тонкопий, А.Ф. Перцовской и др. Они касались, в частности, кумуляции в почве, удобренной осадком сточных вод, и миграции из почвы в сельскохозяйственные растения соединений меди и хрома и других химических веществ. Учитывали также и разработанные ими математические модели процессов миграции ЭХВ из почвы, данные об их трансформации, методики качественного и количественного определения химических веществ.

Суть методологического подхода состоит в установлении ПДК в условиях лабораторного эксперимента по шести группам показателей вредности: органолептическому, общесанитарному, миграционному водному, миграционно-

му воздушному, фитоаккумуляционному (транслокационному) и токсикологическому¹.

С целью стандартизации условий проведения экспериментальных исследований были разработаны оригинальные лабораторные модели: фито-климатические камеры для изучения процессов миграции ЭХВ из почвы в растения, а также стабильности ЭХВ в разных почвенно-климатических условиях. Были созданы воздушно-миграционные камеры и фильтрационные колонны для определения закономерностей миграции химических веществ из почвы в атмосферный воздух и подземные воды, установки, моделирующие поступление ЭХВ с поверхностным стоком в открытые водоемы. Кроме того, был предложен единый модельный эталон почвы (МЭП), который имеет постоянный гранулометрический и физико-химический состав, максимальную фильтрующую, минимальную сорбционную и поглочительную способность. Научно обоснован перечень фитотестрастений, максимально накапливающих ЭХВ, обеспечивая этим в естественных природных ландшафтно-климатических условиях величину коэффициента запаса надежности ПДК от 10 до 20 раз для природных почв.

Соблюдение максимально допустимой концентрации химического вещества в почве обеспечивало: а) отсутствие химического вещества в воде или содержание его на уровне значений, не превышающих ПДК этого вещества в питьевой воде; б) отсутствие изменений пищевой ценности продуктов растительного происхождения, запаха атмосферного воздуха, цвета, вкуса и запаха воды и пищевых продуктов после определенного срока обработки почвы; в) отсутствие влияния ЭХВ на процессы самоочищения в почве и урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Впервые основные принципы предложенного нами нового методологического подхода к особенностям нормирования ЭХВ в почве были доложены на научной сессии АМН СССР по проблеме "Гигиена и эпидемиология села", которая состоялась 14—15 июня 1972 г. в Саратове. Основные концептуальные положения теории, методологии и принципиальной схемы как единой системы нормирования ЭХВ в почве были одобрены на XVI Всесоюзном съезде гигиенистов и санитарных врачей (Москва, 1972). Это положило начало четвертому периоду развития санитарной охраны почвы (с 1972 г. и до настоящего времени). В дальнейшем это положение было отражено в разработанных впервые в мировой практике "Методических рекомендациях по установлению ПДК химических веществ в почве" (1976), "Методических рекомендациях по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве" (1982), монографии "Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами" (1977), руководстве "Гигиеническое нормирование химических веществ в почве" (1986). Сегодня в странах СНГ в соответствии с разработанными рекомендациями научно обоснованы и утверждены гигиенические нормативы содержания в почве 460 ЭХВ. Среди этих нормативов 185 ПДК установлены

Особенности гигиенического нормирования ЭХВ в почве — см. учебник "Общая гигиена: пропедевтика гигиены" (К.: Вища шк., 2000).

экспериментально, а 275 ОДК — с использованием математических методов. Внедрение этих нормативов способствовало уменьшению количества случаев острых и хронических отравлений, а также других неблагоприятных воздействий на население вследствие контакта с почвой, загрязненной ЭХВ.

Пятый период становления гигиены почвы связан с развитием атомной промышленности, испытаниями ядерного оружия, авариями на атомных станциях. Перед гигиенистами была поставлена задача, изучить роль почвы в циркуляции радиоактивных веществ и влияние загрязненной радионуклидами почвы на здоровье населения. Эта проблема стала очень острой в Украине, СНГ и многих странах дальнего зарубежья в 1986 г. после аварии на Чернобыльской АЭС. Сегодня доказано (Е.И. Гончарук, А.Е. Романенко, В.Н. Корзун, С.Т. Омельчук и др.), что в районах, почвы которых загрязнены радионуклидами, значительно ухудшилось здоровье населения, особенно беременных, новорожденных и детей в возрасте до 14 лет.

Почвой называется сложная многокомпонентная малодинамичная дисперсная система, в которой дисперсная среда представлена минеральными веществами (кристаллическим кварцем, алюмосиликатами, глинистыми минералами, природными макро- и микроэлементами), а дисперсными фазами являются органические вещества, все виды почвенной влаги (гигроскопической, пленочной, капиллярной, свободной гравитационной) и почвенного воздуха, микроорганизмы и макроорганизмы. Эта система, по В.В. Докучаеву, сформирована из материнской горной породы под влиянием местного климата, микроорганизмов, растений и животных, рельефа местности и времени.

Кроме термина "почва", в научной юридической литературе используют термин "земля". В административно-хозяйственной и юридической сферах деятельности термином "земля" обозначают поверхностный слой суши, занятый любым видом землепользования: под населенные пункты, сельскохозяйственные или лесные угодья, шоссе, железные дороги.

Основные свойства почвы. Почвы чрезвычайно разнообразны в зависимости от условий их формирования, в первую очередь климатических условий и растительности. На территории СНГ встречается более 90 видов почв. Доминируют 7 типов: тундровые, дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, каштановые, сероземы, красноземы (табл. 38).

Гигиенисты все почвы условно делят по их назначению на три вида:

- 1) естественная почва вне населенных мест, которая может быть использована для нового строительства или выращивания сельскохозяйственных культур;
- 2) искусственно созданная почва населенных мест, которая образовалась из естественной в результате перемешивания с отходами антропогенного происхождения (бытовыми и промышленными). К этому виду также относится перемещенный грунт, образовавшийся в результате вертикальной планировки местности. Оба вида искусственно образовавшейся почвы объединяются термином "культурный слой почвы населенных мест";
- 3) искусственные покрытия почвы (асфальтовые, щебеночные, бетонированные и др.).

Почвенно-климатические показатели основных типов почвы

Тип почвы	Климатоландшафтные факторы								
	почвенные							климатические	
	Гумус	Порис- тость	Температура почвы за вегета- ционный период		рН	Ем- кость погло- щения, ммоль в 100 г	Сумма обмен- ных осно- ваний, ммоль в 100 г	Осадки, мм	Инсоля- ция, ч
			сред- няя	макси- мальная					
Тундровая	0,6	42	-2	5	6,5	16,0	5,5	ПО	1000
Дерново-под- золистая	1,5	49	8	18	5,5	20,2	8,5	160	1600
Серая лесная	2,5	50	10	20	5,0	20,9	17,2	210	2000
Чернозем	10,0	60	7	30	7,0	54,8	53,3	150	2200
Каштановая	4,0	59	14	25	7,3	34,3	33,5	85	2400
Серозем	1,3	53	16	35	8,2	14,1	12,9	60	2600
Краснозем	6,5	60	12	38	5,5	18,0	11,0	2000	2800

С гигиенической точки зрения, важна классификация почв по механическому составу, от которого зависят такие ее свойства, как пористость, воздухо-, водопроницаемость, фильтрующая способность, капиллярность и влагоемкость. Перечисленные свойства почвы влияют на процессы ее самоочищения от органических загрязнений, процессы миграции химических веществ из почвы в подземные и поверхностные воды, атмосферный воздух и растения, что и обуславливает важное гигиеническое значение механического состава почвы.

Механические элементы почвы. Все механические элементы почвы с размером частиц менее 0,01 мм называют физической глиной, а более 0,01 мм — физическим песком. Кроме того, выделяют мелкозем, в который входят частицы размером до 1 мм и почвенный скелет — частицы размером более 1 мм.

В классификацию, кроме понятия о подразделении почв в зависимости от содержания физической глины и физического песка, введено понятие о преобладающих фракциях. Таких фракций выделено пять: гравелистая (3—1 мм), песчаная (1—0,05 мм), крупнопылевая (0,05—0,01 мм), пылевая (0,01—0,001 мм) и илистая (до 0,001 мм). По классификации Качинского, выделяют такие почвенные частицы: камни и гравий (размером более 3 мм); песок крупный (3—1 мм), средний (1—0,25 мм), мелкий (0,25—0,05 мм); пыль крупная (0,05—0,01 мм), средняя (0,01—0,005 мм), тонкая (0,005—0,001 мм); ил (до 0,001 мм). По механическому составу различают почвы песчаные, супесчаные (тяжелые, средние, легкие), суглинистые (тяжелые, средние, легкие) и глинистые. Формируются почвы под влиянием как природных процессов почвообразования, так и вследствие производственного использования земельных угодий.

Из всех слоев почвы для гигиенистов в первую очередь представляет интерес поверхностный, или пахотный, слой (горизонт). Это слой почвы толщиной в среднем 0,25 м, который обрабатывается при выращивании растений. Гиги-

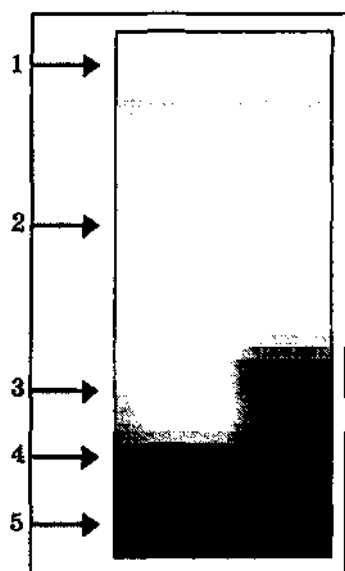


Рис. 65. Зоны Гофмана:

1 — испарения; 2 — фильтрации; 3 — капиллярного поднятия; 4 — водоносный горизонт (грунтовые воды); 5 — водонепроницаемый слой

ническое значение пахотного слоя состоит в том, что именно из него загрязнители почвы могут мигрировать в атмосферный воздух, сельскохозяйственные растения, смываться в поверхностные водоемы и фильтроваться в грунтовые воды. В этом же слое наиболее интенсивно протекают процессы самоочищения почвы от органических загрязнителей, патогенных микроорганизмов, ЭХВ. Кроме поверхностного (пахотного) слоя почвы, значительный интерес для гигиенической науки представляют слои почвы, залегающие до уровня грунтовых вод. В них может происходить обезвреживание органических веществ отходов и сточных вод, формирование грунтовых вод и почвенного воздуха. В этих слоях прокладывают канализационные и водопроводные сети, закладывают фундаменты жилых, общественных и промышленных зданий.

Слои почвы, в которых формируются грунтовые воды, получили название зон Гофмана (рис. 65). Вода сначала фильтруется через поверхностный слой почвы — зону испарения. Толщина его в средних широтах Европейского континента не более 1 м. Этот слой очень богат органическими (гуминовыми) веществами. В нем расположены корневая система растений, которые всасывают воду, уменьшая ее испарение из почвы. Однако имеются растения (подсолнечник, индийский рис и др.), испаряющие огромное количество воды, полученной ими из почвы. Такие растения осушают почву, поэтому их специально выращивают в болотистой местности.

Вода, пройдя зону испарения, фильтруется через нижерасположенный слой почвы — зону фильтрации. Это обычно мощный пласт почвы, в котором в зависимости от влагоемкости почвы может задерживаться значительная часть воды — 150—350 л в каждом кубическом метре. В этом слое почвы толщиной 1—2 м могут задерживаться все атмосферные осадки, выпавшие на эту площадь в течение года. В таких случаях они долго не могут попасть в глубокорасположенные слои почвы и пополнить в них запасы подземных вод. Именно этим объясняется тот факт, что в некоторых местностях за год выпадает много дождей, а уровень воды в колодцах не повышается. Только после того, как атмосферные осадки заполнят все поры зоны фильтрации и содержание воды в ней превысит поглотительную способность почвы, избыток воды будет фильтроваться в нижерасположенные слои, пока не встретит водонепроницаемый слой (жирных глин, гранитов, известняков, плотного песчаника), практически не пропускающий воду. На этом слое вода задерживается, накапливается и образует зону грунтовых вод или так называемый водоносный слой (горизонт). Из этого слоя часть воды поднимается вверх вследствие капиллярности. Обра-

зуется зона капиллярного поднятия грунтовых вод, толщина которой (т. е. высота поднятия) зависит от размера пор этого слоя почвы.

Наибольшее значение для почвы в этих зонах, с гигиенической точки зрения, имеют пористость, размер пор, воздухопроницаемость.

Пористость почвы. Под пористостью почвы следует понимать суммарный объем пор в единице объема почвы, выраженный в процентах. Размер пор и пористость почвы зависят от ее механического состава. Размер пор в однородной почве тем больше, чем больший размер имеют отдельные механические элементы почвы, т. е. ее зернистость. Самые крупные поры в каменистой почве, очень мелкие — в глинистой, а самые мелкие — в торфяной. При этом суммарный объем пор, выраженный в процентах, увеличивается, т. е. пористость почвы тем выше, чем меньше размер отдельных механических элементов почвы. Так, пористость песчаной почвы составляет 40%, а торфяной — 82%.

На размер пор влияет также форма механических элементов почвы. В условиях неоднородной почвы, т. е. когда почва состоит из частиц разного размера, поры между большими частицами заполняются меньшими частицами. В изверженных вулканических породах и монолитах (гранит) вместо пор часто встречается целая сеть соединенных между собой горизонтальных и вертикальных трещин, которые иногда достигают значительной ширины и глубины. Кроме естественных пор, обусловленных механическим составом, в почве встречаются каналы и трещины, искусственно созданные животными, обитающими в почве (ежами, кротами и др.), или людьми при бурении скважин, выкапывании колодцев, закладывании свай, прокладывании труб и др.

Величина естественных пор почвы, наличие в ней естественных или искусственных трещин и каналов оказывают существенное влияние на взаимодействие почвы с воздухом и водой, а также фильтрационную способность почв. Именно этим обусловлено их гигиеническое значение. Так, почвы с крупными порами и низкой пористостью (гравелистые, песчаные, легкие супесчаные) хорошо проницаемы для воды и воздуха. Они имеют наивысшую фильтрационную способность. В таких почвах, а также в почвах с естественными и искусственными трещинами химические и биологические загрязнения быстрее продвигаются вглубь и достигают грунтовых вод, что приводит к их загрязнению и создает опасность для здоровья населения. В то же время почвы с маленькими порами и высокой пористостью (глинистые, тяжелые суглинистые) имеют низкую фильтрационную способность. В них задерживается вода, они плохо аэрируются. Это приводит к замедлению или даже прекращению процессов самоочищения почвы от органических загрязнений, что также опасно для здоровья населения. Оптимальной для процессов самоочищения от биологических и химических загрязнений является пористость почвы в пределах 60—65%.

Воздухопроницаемость почвы — это способность почвы пропускать воздух через свою толщу. Проницаемость почвы для воздуха обусловлена лишь размером пор и не зависит от их общего объема, т. е. от пористости. Если объем воздуха, проходящего за 1 мин через мелкий песок, принять за единицу, то при таких же условиях через средний песок пройдет 84 объема воздуха, через круп-

ный — 961, через мелкий гравий — 5195, через средний хрящ — 11 684 объема воздуха. В указанном примере с увеличением размера механических элементов (частиц) почвы увеличивается размер пор и значительно повышается проницаемость почвы для воздуха. В то же время общий объем пор уменьшается: если в мелком песке пористость составляет 55%, то в среднем — лишь 37,9%. Количество воздуха, проходящего через слой почвы определенного механического состава, увеличивается при повышении барометрического давления и уменьшении влажности почвы. Вода, заполняющая поры почвы, вытесняет из них воздух и препятствует его проникновению в почву. Если все поры заполнены водой или льдом, то проницаемость для воздуха уменьшается до нуля.

Смесь газов и паров, которая заполняет поры почвы, называется почвенным воздухом. Почвенный воздух и вода являются антагонистами относительно пространства пор. Почвенный воздух по составу отличается от атмосферного и постоянно с ним взаимодействует. Движение почвенного воздуха и обмен его с атмосферным воздухом происходит под влиянием разницы их температуры, колебаний барометрического давления и уровня грунтовых вод. Так, при понижении барометрического давления и повышении температуры почвы в соответствии с законами Бойля—Мариотта, Гей—Люссака и Шарля объем почвенного воздуха увеличивается при постоянном объеме пор почвы, воздух поднимается и выходит из почвы в приземной слой атмосферы. При повышении атмосферного давления и уменьшении температуры почвы атмосферный воздух поступает в поры почвы. Этот процесс называется "дыханием" почвы. Он также происходит во время колебания уровня грунтовых вод: если уровень грунтовых вод повышается, то почвенный воздух выходит в атмосферу, если снижается, то атмосферный воздух поступает в поры почвы.

Воздухопроницаемость почвы обуславливает ее обогащение кислородом, что имеет большое гигиеническое значение, связанное с биохимическими процессами окисления, которые протекают в почве и обеспечивают ее самоочищение от органических загрязнений. Поэтому здоровой является почва легкого механического состава (песчаная, легкая супесчаная) с крупными частицами, так как у нее большие поры. Это обуславливает ее высокую воздухопроницаемость и хорошую аэрацию — достаточную для активного протекания процессов самоочищения.

Водопроницаемость, или фильтрационная способность, почвы. Под водопроницаемостью понимают способность почвы впитывать и пропускать воду, которая поступает с поверхности. Этот процесс протекает в две фазы: первая фаза — впитывания, когда свободные поры последовательно заполняются водой. При избытке влаги впитывание ее продолжается до полного насыщения почвы. Вторая фаза — фильтрации, происходит при условии полного насыщения почвы водой, когда вода начинает двигаться в почвенных порах под действием силы тяжести. Количественная оценка водопроницаемости почвы приведена в табл. 39.

Водопроницаемость почвы оказывает решающее влияние на образование грунтовых вод и накопление их запасов в недрах Земли. Это имеет непосредственное отношение к снабжению населения водой из подземных источников.

ТАБЛИЦА 39

Оценка водопроницаемости почвы при напоре воды 5 см
и температуре 10 °С

Водопроницаемость, мм водн. ст. за первый час	Оценка	Примечание
Свыше 1000	Провальная	Качество водопроницаемости тем лучше, чем она однороднее и более постоянна во времени
1000—500	Чрезмерно высокая	
500—100	Наилучшая	
100—70	Хорошая	
70—30	Удовлетворительная	
Менее 30	Неудовлетворительная	

ТАБЛИЦА 40

Фильтрационная способность почвы различного механического состава

Продолжительность всасывания, с	Фильтрационная способность	Вид почвы
Менее 18	Большая	Крупно- и среднезернистый песок
18—30	Средняя	Мелкозернистый песок, легкий супесок
30—180	Малая, но достаточная для протекания процессов самоочищения от органических загрязнений	Легкий суглинок
Более 180	Незначительная и недостаточная для течения процессов самоочищения от органических загрязнений	Тяжелые и средние супески и суглинки, глины

От водопроницаемости почвы зависит возможность использования ее для очистки сточных вод, твердых и жидких бытовых отходов, которые образуются в населенных пунктах. С водопроницаемостью почвы связана возможность загрязнения подземных источников водоснабжения опасными в санитарном отношении поверхностными стоками с территории населенных мест и сельскохозяйственных угодий.

Фильтрационную способность и механический состав почвы на практике можно оценить по времени всасывания воды почвой: выкапывают приямок размером 0,3 x 0,3 м и глубиной 0,15 м быстро заполняют водой (12,5 л) и по секундомеру определяют время впитывания воды (табл. 40). На основании полученных результатов можно прогнозировать способность почв к самоочищению от органических загрязнений и решать вопрос об использовании почвы для очистки бытовых отходов.

Кроме того, фильтрационную способность почвы характеризует коэффициент фильтрации, под которым понимают длину пути, которую проходит вода за единицу времени, вертикально двигаясь в почве под действием силы тяжести. Например, для среднезернистых песков коэффициент фильтрации, составляет 0,43 м/сут, для мелкозернистых — 0,043 м/сут, для суглинков — 0,0043 м/сут. Чем выше фильтрационная способность почвы, тем выше коэффициент фильтрации.

Влагоемкость почвы. Под влагоемкостью почвы понимают количество влаги, которое способна удержать почва сорбционными и капиллярными силами. Влагоемкость обуславливается силами поверхностного сцепления (адсорбционными силами), которые возникают между поверхностью почвенных частиц и омывающей их водой. Влагоемкость тем больше, чем меньше размер пор и больше их суммарный объем, т. е. пористость. Поэтому чем меньше механические элементы почвы, тем выше ее влагоемкость. Так, средний гравий задерживает по массе 7% воды, крупный песок — 23%, средний — 47%, мелкий — 65% воды.

Гигиеническое значение влагоемкости почвы связано с тем, что большая влагоемкость уменьшает ее воздухо- и водопроницаемость, что ухудшает процессы самоочищения почвы, препятствует ее использованию для очистки сточных вод и твердых бытовых отходов. Почвы с высокой влагоемкостью влажные, холодные, приводят к сырости в жилых и общественных зданиях, особенно в подвалах и на первом этаже.

Капиллярность почвы. Под капиллярностью почвы понимают способность ее поднимать по капиллярам воду из нижних горизонтов в верхние. Чем меньше размер механических частиц почвы, т. е. мельче поры, тем больше капиллярность почвы и тем выше и медленнее будет подниматься в такой почве вода. Крупнозернистые (гравелистые, песчаные) почвы поднимают воду быстрее, но на меньшую высоту по сравнению с мелкозернистыми (глинистыми, тяжелыми суглинистыми).

Высокая капиллярность почвы может быть причиной сырости в жилых и общественных зданиях даже в том случае, если фундаменты их заложены значительно выше уровня грунтовых вод. Высокая капиллярность, как и повышенная влагоемкость, тормозит процессы самоочищения почв, делает их непригодными для очистки сточных вод и бытовых отходов.

Состав почвы

Почва состоит из минеральных, органических соединений и органо-минеральных комплексов, а также почвенных растворов, почвенного воздуха и почвенных микроорганизмов (абиотической и биотической составных). Для гигиенической оценки степени загрязнения почвы важно знать ее естественный состав, так как практически любое статистически достоверное отклонение от естественного состава данного типа почвы или появление чужеродных веществ может рассматриваться как та или иная степень ее загрязнения.

Минеральные, или неорганические, вещества почвы. Минеральные (неорганические) вещества почвы на 60—80% представлены кристаллическим кремнеземом или кварцем. Значительное место в минералогическом составе почвы занимают алюмосиликаты (полевые шпаты и слюда). К алюмосиликатам относятся и вторичные глинистые минералы, в частности монтмориллонитовая группа (монтмориллонит, нонтронит, бейделит, соконит, гекторит, стивенсит). Гигиеническое значение монтмориллонитов обусловлено тем, что они определяют поглонительную способность и емкость поглощения катионов (например, тяжелых металлов) почвой.

Кроме кремнезема и алюмосиликатов, в минеральный состав почвы входят практически все элементы периодической системы Д.И. Менделеева. К химическим элементам, которые содержатся в почве и имеют наибольшее гигиеническое значение, относятся кислород, кремний, железо, кальций, натрий, калий, углерод, хлор. Из химических элементов, входящих в небольших количествах в состав минеральных веществ почвы, наибольший интерес с гигиенической точки зрения представляют биомикроэлементы: фтор, йод, медь, цинк, марганец, кобальт, молибден и др. Их повышенное или пониженное содержание в почве определяет концентрацию этих элементов в контактирующих с почвой средах (воде, растениях, атмосферном воздухе), что влияет на формирование естественных биогеохимических провинций, играющих ведущую роль в возникновении эндемических заболеваний. В таких провинциях в организм человека с местными продуктами питания, питьевой водой и воздухом поступает избыточное или недостаточное количество того или другого биомикроэлемента, т. е. не отвечающее физиологической потребности. При условии постоянного или *длительного проживания в геохимических провинциях у людей* возникают естественные гипер- или гипомикроэлементозы, которые получили название эндемических заболеваний: эндемический флюороз, эндемический зоб, молибденовая подагра, урловская болезнь, болезнь Кешана и др.

Содержание химических элементов в почве можно оценивать в кларках. Под кларком понимают среднее содержание химического элемента в эталонной (незагрязненной) почве (литосфере). Так, один кларк кальция равен 3,25% по массе, или 32,5 г/кг почвы. Содержание элемента в почве на уровне 3—4 кларков и более свидетельствует о ее загрязнении. В табл. 41 приведен естественный состав дерново-подзолистой почвы. Отклонение от этого состава считается той или иной степенью загрязнения.

Гигиеническая оценка степени загрязнения почвы неорганическими веществами, особенно экзогенными, чужеродными для почвы, основана на

ТАБЛИЦА 41

Содержание неорганических соединений в дерново-подзолистой почве, % по массе прокаленной почвы

Неорганическое вещество	Почвенный слой *			
	Пахотный (до 21 см)	Элювиальный (28—38 см)	Иллювиальный (68—78 см)	Материнская порода (140—150 см)
SiO ₂	84,61	85,46	79,67	84,01
Fe ₂ O ₃	3,26	3,18	5,80	4,20
Al ₂ O ₃	7,70	7,83	11,88	8,44
PiOs	0,18	0,08	0,06	0,13
SO ₄	0,11	0,08	0,08	0,12
CaO	0,57	0,92	0,50	0,64
MgO	0,22	0,31	0,21	0,30
K ₂ O	1,80	1,70	1,72	1,32
Na ₂ O	1,20	1,00	1,10	0,74
MnO	0,12	0,05	0,03	0,09
CuO	1 • Ю ⁻³	1 • Ю ⁻³	1 • Ю ⁻³	1 • Ю ⁻³
ZnO	3,4- Ю ⁻³	3,0 • Ю ⁻³	3,0- 10 ⁻³	3,0- Ю ⁻³

сравнении фактического содержания данного элемента в почве с его ПДК (табл. 42).

Таким образом, степень загрязнения почвы можно оценить, сравнив фактическое содержание вещества в почве: во-первых, — с количеством этого вещества в данном типе почвы, а во-вторых, — с его ПДК в почве.

ТАБЛИЦА 42
ПДК неорганических
химических веществ в почве

Химическое вещество	ПДК, мг/кг
Медь (подвижные формы*)	3,0
Никель *	4,0
Цинк *	23,0
Кобальт *	5,0
Фтор (водорастворимые формы)	10,0
Сурьма (валовое содержание **)	4,5
Марганец **	1500,0
Ванадий **	150,0
Свинец **	30,0
Арсен **	2,0
Ртуть **	2,1
Нитраты **	130,0
Сероводород **	0,4
Сера элементарная **	160,0
Серная кислота **	160,0

* Подвижные формы микроэлементов — такие, которые принимают участие в миграции с фунтовой влагой в ионном или сорбированном состоянии в растворе или в составе твердой фазы. В большинстве случаев именно такие формы микроэлементов усваивают растения.

** Валовое содержание — это общее содержание химического элемента в почве, включает подвижные и неподвижные формы.

Органические вещества почвы. Органические вещества почвы представлены как собственно почвенными органическими соединениями (гуминовыми кислотами, фульвокислотами и др.), синтезированными почвенными микроорганизмами, (которые называются гумусом) так и чужеродными для почвы органическими веществами, попавшими в почву извне.

В виде гуминовых веществ сконцентрированы огромные запасы углерода, которые значительно превышают биомассу живых организмов. Отличаясь сложным строением, гуминовые вещества почвы обуславливают емкость поглощения почвы, играют важную роль в формировании ее структуры, определяют физические свойства и плодородие. В почве содержится определенное количество гумуса (табл. 43). Увеличение в 2—3 раза содержания углерода органических соединений (по сравнению с его количеством в данном типе почвы) свидетельствует о возможном ее загрязнении.

В естественных условиях в почву постоянно поступают органические вещества, в первую очередь растительного происхождения. Отношение углерода гумуса к

ТАБЛИЦА 43
Общее содержание органических веществ в почвах различных типов, т/га

Тип почвы	Содержание органического вещества, т/га			Коэффициент гумификации
	По органическому углероду		По органическому азоту	
	Растительный опад	Гумус		
Подзолистая	7,9	100	3,2	12,6
Серая лесная	13,8	215	6,0	15,8
Чернозем	18,0	550	11,3	30,6
Каштановая	7,0	99	5,6	14,1
Серозем	10,1	67	2,5	6,6
Краснозем	8,1	89	4,7	11,0

углероду растительного происхождения называется *коэффициентом гумификации*.

Уменьшение коэффициента в 1,5—2 раза по сравнению со стандартными величинами свидетельствует о загрязнении почвы органическими веществами. О степени загрязнения почвы азотсодержащими органическими веществами, прежде всего животного происхождения, свидетельствуют концентрация органического азота (см. табл. 43) и величина санитарного числа Хлебникова. *Санитарное число Хлебникова* — это отношение азота гумуса к общему органическому азоту, состоящему из азота гумуса и азота чужеродных для почвы органических веществ, загрязняющих ее. Если почва чистая, то санитарное число Хлебникова равно 0,98—1.

Уровень загрязнения почвы органическими веществами является косвенным показателем эпидемической опасности почвы.

Почвенная влага. Гигиеническое значение почвенной влаги состоит в том, что она является своеобразным "транспортным средством", так как все химические вещества и биологические загрязнители (яйца геогельминтов, простейшие, бактерии, вирусы) могут передвигаться в почве только с почвенной влагой. Кроме того, все химические и биохимические процессы, протекающие в почве, в том числе самоочищение ее от органических соединений, осуществляются в водной среде, водных растворах.

Влага в почве может находиться в твердом, жидком и парообразном состоянии. Наибольший интерес с гигиенической точки зрения представляют следующие формы почвенной влаги: 1) гигроскопическая вода, конденсирующаяся на поверхности почвенных частиц; 2) пленочная вода, удерживающаяся на поверхности почвенных частиц; 3) капиллярная вода, удерживающаяся капиллярами в тонких порах почвы; 4) свободная гравитационная вода, находящаяся под действием силы тяжести или гидравлического напора и заполняющая крупные некапиллярные поры почвы.

О значении разных форм воды в передвижении загрязнений в почве свидетельствуют следующие данные. Гигроскопическая вода прочно связана с почвенными частицами и поэтому она не может усваиваться ни корнями растений, ни бактериями, поэтому микроорганизмы не могут существовать в гигроскопической воде. Кроме того, она неподвижна, и с ней не могут перемещаться какие-либо загрязнения, в том числе и микроорганизмы. Пленочная вода, хотя и не усваивается корнями растений, но может быть использована бактериями и играет важную роль в обеспечении водного и электролитного баланса почвы, так как может продвигаться с больших глубин. Капиллярная и свободная гравитационная вода доступна для усвоения как корнями растений, так и микроорганизмами. Следовательно, распространение химических и бактериальных загрязнений в почве связано с перемещением пленочной, капиллярной и гравитационной воды.

Почвенный воздух. Естественный состав почвенного воздуха регулируется скоростью потребления кислорода и образования углерода диоксида в результате микробиологических процессов минерализации органических веществ и изменяется в зависимости от глубины (табл. 44). В поверхностном слое почвы (0,2 м) почвенный воздух по содержанию основных компонентов

РАЗДЕЛ III. САНИТАРНАЯ ОХРАНА ПОЧВЫ И ОЧИСТКА НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

ТАБЛИЦА 44
Состав почвенного воздуха
в зависимости от глубины почвы

Глубина почвы, м	Содержание в почвенном воздухе, %	
	кислорода	углерода диоксида
0,2	20,0	0,6—0,8
1,0	19,2	0,9—1,0
2,0	16,0—19,0	2,9—3,0
3,0	15,7—16,8	4,1—5,6
6,0	14,2—15,0	4,2—8,0

(азота, кислорода, углерода) почти не отличается от атмосферного. С увеличением глубины содержание в почвенном воздухе углерода диоксида увеличивается, а кислорода уменьшается, однако на глубине 3 и 6 м кислорода в почвенном воздухе (15,7—16,8% и 14,2—15,0% соответственно) достаточно для протекания процессов биохимического окисления органических загрязнителей. Резкое замедление биохимических процессов самоочищения в аэробных условиях наблюдается при содержании кислорода менее 2%.

Кроме свободного воздуха, в порах почвы содержится значительное количество газов, прежде всего кислорода и углерода диоксида, растворенных в почвенной влаге. Растворимость газов в воде уменьшается при повышении температуры, и поэтому чем ниже температура почвы, тем больше газов, в частности кислорода и углерода диоксида, растворено в почвенной влаге.

Воздух почвы, загрязненный бытовыми и другими отходами, в результате процессов минерализации обогащается углерода диоксидом, аммиаком, сероводородом и токсическими примесями, которые могут вызвать отравление людей при поступлении в жилые, общественные и промышленные помещения. Поэтому на основании химического состава почвенного воздуха можно дать санитарную оценку степени загрязнения почвы.

Почвенные микроорганизмы. Биотическая компонента почвы представлена различными бактериями, вирусами, грибами, актиномицетами, водорослями, простейшими. Гигиеническое значение собственно почвенных микроорганизмов (аутохтонной микрофлоры) состоит в обеспечении процессов самоочищения почвы от органических загрязнений. Патогенные микроорганизмы, которые попали в почву и сохранились в ней, определяют ее эпидемическое значение. Для гигиенической оценки степени загрязнения почвы и прогнозирования ее способности к самоочищению важным показателем является общая численность почвенных микроорганизмов. Этот показатель для чистых естественных почв колеблется в зависимости от их типа и достигает наибольших значений в черноземах, сероземах и красноземах (табл. 45).

ТАБЛИЦА 45
Численность микроорганизмов в почвах различных типов (в 1 г)

Тип почвы	Микробное число (на МПА)	Бактерии группы кишечной палочки	Актиномицеты	Грибы
Подзолистая	10 860	970	90	26
Серая лесная	26 200	1800	790	30
Чернозем	36 300	2300	1300	30
Темно-каштановая	34 820	2260	1200	22
Серозем	44 900	2920	1550	20
Краснозем	73 780	4980	2380	18

Гигиеническое значение почвы

Почва — огромная естественная лаборатория, в которой беспрерывно протекают самые разнообразные сложные процессы разрушения и синтеза органических веществ, образуются новые неорганические соединения, происходит отмирание патогенных бактерий, вирусов, простейших, яиц гельминтов. Почву используют для очистки и обезвреживания хозяйственно-бытовых сточных вод, жидких и твердых бытовых отходов, образующихся в населенных пунктах. Почва оказывает значительное влияние на климат местности, характер растительности, планировку и застройку населенных мест и отдельных зданий, их благоустройство и эксплуатацию. В условиях сельскохозяйственного производства в почву целенаправленно вносят большое количество разнообразных пестицидов, минеральных удобрений, структурообразователей почвы, стимуляторов роста растений. С жидкими и твердыми бытовыми и промышленными отходами, сточными водами, выбросами промышленных предприятий и автотранспорта в почву попадают поверхностно-активные вещества (ПАВ), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), большое количество тяжелых металлов, нефтепродукты и т. д. с последующей миграцией в подземные и поверхностные водоемы — источники водоснабжения, а оттуда в питьевую воду, в сельскохозяйственные растения, атмосферный воздух. Почва может быть фактором передачи инфекционных заболеваний и инвазий. Таким образом, она оказывает большое влияние на здоровье населения.

Еще в глубокой древности различали почвы "здоровые" и "нездоровые". "Здоровыми" считались местности, расположенные на возвышенностях, с сухими почвами, хорошо проветриваемые и инсолируемые. К "нездоровым" относили территории, расположенные в низменностях, холодные, затопляемые, сырые, с частыми туманами. Поэтому почва имеет важное гигиеническое значение для здоровья населения и благоустройства населенных мест и является:

1) главным фактором формирования естественных и искусственных биогеохимических провинций, которые играют ведущую роль в возникновении и профилактике эндемических заболеваний среди населения;

2) средой, которая обеспечивает циркуляцию в системе окружающая среда — человек химических и радиоактивных веществ, используемых в народном хозяйстве, а также экзогенных химических веществ, которые попадают в почву с выбросами промышленных предприятий, авиа- и автотранспорта, сточными водами, а значит, фактором, влияющим на здоровье населения;

3) одним из источников химического и биологического загрязнения атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, а также растений, используемых человеком для питания;

4) фактором передачи инфекционных заболеваний и инвазий;

5) естественной, наиболее подходящей средой для обезвреживания жидких и твердых отходов.

Р

Эндемическое значение почвы. *Почва является средой, в которой происходят процессы трансформации солнечной энергии.* По данным В.А. Ковды, растения ежегодно аккумулируют почти $0,5 \times 10^{15}$ кВт солнечной энергии.

Человечество же использует в виде топлива, пищевых продуктов и корма для скота лишь 7×10^{12} кВт. Доказано, что сегодня и в будущем система почва — растения — животные в жизни людей останется главным поставщиком трансформированной энергии Солнца.

Почва является тем элементом биосферы, который формирует химический состав пищевых продуктов, питьевой воды и частично — атмосферного воздуха. Ежегодно на Земле вырабатывается $8,3 \times 10^{10}$ т живого вещества, представленного в основном фитомассой растений. За всю историю биосферы общая масса произведенного ею живого вещества почти в 2 раза превысила неорганическую массу земной коры. За год человечество нашей планеты использует в пищу около $3,6 \times 10^8$ т живого растительного вещества, что составляет 0,5% от производимого на Земле. Естественно, что потребляемая человеком с пищей фитобиомасса непосредственно или через продукты питания животного происхождения должна быть безвредной по химическому составу. Научно обосновано, что химический состав фитобиомассы зависит от естественного химического состава почвы, т. е. эндогенных химических веществ, присутствующих в почве, а также от качества и количества экзогенных химических веществ, которые попали в почву случайно или целенаправленно вносятся с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Описаны случаи отравления людей и животных, употреблявших фитомассу растений, выращенную на земельных участках эндемичных районов, которая содержала повышенную концентрацию некоторых химических веществ. Известны также и заболевания, связанные с недостаточным содержанием в почве, и соответственно, в суточном рационе, определенных микроэлементов.

Так, растения, которые выросли в районах, эндемичных по содержанию в почве селена, могут накапливать до 5000 мг/кг этого микроэлемента. Употребление такой фитомассы, полученной на щелочных землях США, Канады, Ирландии, приводило к отравлению людей и массовой гибели сельскохозяйственных животных. *Селеновый токсикоз* получил название "*щелочной*" болезни. В то же время селен — биомикроэлемент, и он обязательно должен поступать в организм человека в физиологически оптимальной суточной дозе (0,05—0,2 мг). В некоторых регионах Китая, Египта и Швеции содержание селена в почвах значительно меньше кларка (среднее содержание в земной коре). Такое низкое содержание селена в почве и соответственно в растительных продуктах является причиной возникновения болезни *Кешана* — *селенового гипомикроэлементоза*, при котором наблюдается ювенильная кардиопатия, повышен риск развития атеросклероза, гипертонической болезни, эндокринопатий, новообразований, встречаются хронический дерматит (зуд, слущивание кожи), артрит.

Установлена связь между повышенным содержанием в почве молибдена и заболеваемостью молибденовой подагрой, раком пищевода, нарушением репродуктивной функции. *Молибденовая подагра (гипермикроэлементоз молибдена)* является эндемическим заболеванием для некоторых районов Армении (Анкаван и Кадражан). Избыточное поступление молибдена в организм человека (суточная потребность составляет 0,1—0,3 мг) приводит к повышению

активности ксантиноксидазы и усиленному образованию мочевой кислоты и ее солей (уратов).

В некоторых районах Забайкалья, Восточной Сибири (Читинская, Амурская, Иркутская области), Кореи и Китая зарегистрирована так называемая *уровская болезнь*, или *болезнь Кашина—Бека*. В почвах этих регионов повышено содержание многих микроэлементов (стронция, железа, марганца, цинка, свинца, серебра, фтора) на фоне низкого содержания кальция. Болезнь Кашина—Бека (эндемический полигипермикроэлементоз) протекает в виде остеодеформирующего остеоартроза, особенно межфаланговых (медвежья лапа), тазобедренных суставов и позвоночника (утиная походка).

Чрезвычайно актуальной проблемой в Украине был *эндемический зоб*, который регистрировали у людей, длительное время проживающих в Карпатах и Полтавской области. В почвах этих местностей очень низкое природное содержание *йода*, что приводило к недостаточному его поступлению (суточная потребность человека — 0,2—0,3 мг) в организм с местными продуктами питания. Недостаток йода обуславливал гиперплазию щитовидной железы за счет гипертрофии соединительной и атрофии железистой ткани, т. е. отмечались признаки гипотиреоза (снижение обмена веществ, повышение температуры тела, ожирение, пассивность, апатия, снижение трудоспособности, выпадение волос). У детей наблюдались врожденные дефекты развития, умственная отсталость.

Загрязнение почвы *мышьяком* приводит к *копытной болезни*, которую впервые регистрировали в Японии. Заболели свыше 12 тыс. лиц, из них 120 детей умерли. Заболевание проявлялось признаками гиперкератоза, наблюдались выпадение волос, ломкость ногтей, неврит, паралич, нарушение зрения, поражение печени. Была доказана связь между содержанием мышьяка в почве и уровнем заболеваемости раком желудка.

В настоящее время, кроме естественных эндемичных по тому или иному химическому элементу почвенных регионов, появились искусственные биогеохимические районы и провинции. Их появление связано с использованием различных пестицидов, минеральных удобрений, стимуляторов роста растений, а также с поступлением в почву промышленных выбросов, сточных вод и отходов.

Население, длительно проживающее в этих провинциях, постоянно подвергается неблагоприятному воздействию экзогенных химических веществ. В таких искусственных геохимических провинциях отмечают повышение уровня заболеваемости, количества случаев врожденных уродств и аномалий развития. Кроме того, уменьшается способность почвы к самоочищению. Помимо отдаленных последствий, в искусственных геохимических провинциях наблюдаются случаи не только хронических, но и острых отравлений при использовании ручного труда и проведении механизированных работ на сельскохозяйственных полях, приусадебных участках, садах, обработанных пестицидами, а также на земельных угодьях, загрязненных экзогенными химическими веществами, содержащимися в атмосферных выбросах промышленных предприятий. Так, например, загрязнение почвы *фтором* за счет выбросов промышленных предприятий приводило к некрозу листьев виноградной лозы и абрикосовых деревьев в долине Роны (Швейцария). Употребление продуктов

растительного происхождения, выращенных на почве с высоким содержанием фтора, приводило к развитию *флюороза*. Регистрировали нарушение кроветворения у детей, а также фосфорно-кальциевого обмена, увеличение количества больных с поражением печени и почек, гастритом.

Такой загрязнитель, как никель, является токсичным для растений, почвенных микроорганизмов и человека. Он угнетает гидролитические ферменты в грубогумусной оподзоленной лесной почве. Техногенное загрязнение почвы никелем отрицательно влияло на здоровье населения, в результате чего повышался уровень заболеваемости *шизофренией, раком легких и желудка*.

Повышенное вследствие поступления с промышленными выбросами содержание в почве *бора* приводило к возникновению *борного энтерита*.

В незагрязненной почве *ртуть* обычно находится в виде следов. Поступление же в почву даже незначительных количеств ртути влияет на ее биологические свойства. Ртуть понижает амонифицирующую и нитрифицирующую активность, действие дегидрогеназ. Повышенное содержание ртути неблагоприятно влияет на организм человека. Наблюдаются увеличение частоты заболеваний нервной и эндокринной систем, мочеполовых органов у мужчин, снижение фертильности.

В *свинцовых* искусственных биогеохимических провинциях увеличивалось число случаев заболеваний кроветворной и репродуктивной систем, органов внутренней секреции, учащались случаи злокачественных новообразований разной локализации. Кроме того, свинец угнетает деятельность не только нитрифицирующих бактерий, но и микроорганизмов — антагонистов кишечной и дизентерийной палочек Флекснера и Зонне, увеличивает сроки самоочищения почвы. К микроэлементам, повышенное содержание которых в почве приводит к неблагоприятным изменениям, относятся также ванадий, таллий, вольфрам и др.

Аналогично накоплению в почве неорганических химических элементов и веществ избыточное содержание органических химических соединений приводит к образованию искусственных геохимических провинций. К ним относятся прежде всего пестициды.

Использование в сельском хозяйстве в качестве инсектицидов стойких в окружающей среде *полихлорированных бифенилов* привело к значительному загрязнению ими почв на рисовых полях Японии. Именно здесь в Кюсю впервые зарегистрировали *болезнь Юшо, или масляную болезнь*. Заболели тогда более 1000 человек. Причиной заболевания стало употребление рисового масла, содержащего полихлорированные бифенилы. Отравление сопровождалось тошнотой, рвотой, слабостью, гиперкератозом кожи, хлоракне, бронхитом, гепатитом, неврологическими нарушениями. Полихлорированные бифенилы обладают способностью преодолевать трансплацентарный барьер и попадают в молоко. Поэтому заболевание регистрировали даже у новорожденных, матери которых во время беременности употребляли загрязненное растительное масло. Доказано канцерогенное действие полихлорированных бифенилов.

В искусственно созданных эндемических провинциях вследствие миграции экзогенных химических веществ из почвы в атмосферный воздух, воду

или растения наблюдаются случаи острого и хронического отравления, аллергических заболеваний. Отмечается также повышение бластомогенной опасности почвы, что связано с повышенным содержанием в ней бензпирена и подобных ему соединений. Обычно это бывает вблизи аэродромов, а также вдоль "коридоров" движения самолетов. Искусственные геохимические провинции с повышенным содержанием канцерогенных веществ в почве наблюдаются также вблизи ТЭЦ с малоэффективными золоуловителями, автомагистралей, после лесных пожаров и т. п.

Почва является средой, которая определяет циркуляцию экзогенных химических веществ в системе окружающая среда—человек и может стать источником загрязнения атмосферного воздуха, воды, пищевых продуктов. *Почва — это ведущее звено круговорота веществ в природе*, среда, в которой непрерывно протекают разнообразные сложные процессы разрушения и синтеза органических веществ. Органические вещества, поступающие в почву в естественных условиях в виде остатков растений и животных, а также продуктов их жизнедеятельности, разрушаются различными сапрофитными почвенными микроорганизмами: бактериями, актиномицетами, грибами, водорослями, простейшими и др. В присутствии кислорода аэробные микроорганизмы разлагают углеводы до углерода диоксида и воды. Жиры в аэробных условиях расщепляются на глицерин и жирные кислоты, которые распадаются на углерода диоксид и воду. Распад белковых соединений происходит в 2 этапа. На первом этапе — аммонификации — белки распадаются до аминокислот, которые, в свою очередь, разрушаются до аммиака и солей аммония, а также кислот жирного и ароматического рядов. В аэробных условиях параллельно происходит второй этап минерализации азотсодержащих соединений — нитрификации, когда аммиак окисляется до нитритов, а последние — до нитратов. Таким образом, благодаря процессам разрушения органические соединения преобразуются в те формы неорганических веществ, в которых они могут стать питательным материалом для растений и снова попадают в круговорот веществ в природе.

Почва является ведущим звеном миграции химических веществ на нашей планете. К тому же в процессы миграции включаются вещества как естественного, так и антропогенного (техногенного) происхождения. Миграция осуществляется по коротким (почва — растение — почва; почва — вода — почва; почва — воздух — почва) и длинным (почва — растение — животное — почва; почва — вода — растение — почва; почва — вода — растение — животное — почва; почва — воздух — вода — растение — почва и др.) миграционным цепочкам. Пищевые цепочки могут быть чрезвычайно сложными. В них может накапливаться, концентрироваться химическое вещество. Например, в результате использования в сельском хозяйстве в качестве инсектицида ДДТ и его дальнейшей миграции концентрация этого вещества в воде озера Мичиган составляла 2×10^{-6} мг/л, в иле — $1,4 \times 10^{-2}$ мг/кг, в тканях креветок — 0,41 мг/кг, в мясе рыб — 6 мг/кг, в тканях чаек — 99 мг/кг. В эти же цепочки миграции включается и человек, который употребляет питьевую воду, пищевые продукты растительного и животного происхождения, дышит атмосферным воздухом.

Природное аномально высокое или низкое содержание в почве эндогенных для нее химических веществ, их миграция из почвы в смежные среды (воду водоемов, атмосферный воздух, растения) и по пищевым цепочкам обуславливает образование естественных биогеохимических провинций, возникновение эндемических заболеваний. Экзогенные химические вещества, которые попадают в почву случайно (со сточными водами и твердыми отходами, промышленными выбросами в атмосферу, выбросами автотранспорта) или вносят преднамеренно (химические средства защиты растений, минеральные удобрения, структурообразователи почвы), циркулируют в окружающей среде по таким же миграционным цепочкам. С ними связано образование искусственных биогеохимических провинций.

Следовательно, почва является главным элементом биосферы, где происходят процессы миграции, трансформации и обмена всех химических веществ на нашей планете.

Почва как ведущий элемент биосферы играет важную роль в формировании качества воды источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, к которым относятся в первую очередь подземные воды (грунтовые, межпластовые напорные и безнапорные), а также поверхностные водоемы (реки, озера, водохранилища). Химический состав воды поверхностных и подземных водоемов тесно связан с химическим составом почвы (см. с. 60).

Почва влияет на качественный состав атмосферы. Разнообразные по физико-химическим свойствам химические соединения, которыми перенасыщена почва вследствие техногенного загрязнения, путем испарения поступают в атмосферный воздух, накапливаются в приземном слое в концентрациях, превышающих предельно допустимые, т. е. достигают уровней, опасных для здоровья человека. Взаимодействие почвы с атмосферным воздухом — чрезвычайно сложный процесс.

Следует заметить, что почва имеет поры, и если она сухая, то они заполнены почвенным воздухом. Концентрации газов и паров в почвенном воздухе отличаются от таковых в атмосфере. Поэтому постоянно происходит диффузия, т. е. перемещение по градиенту концентраций: газообразные вещества, которых много в почвенном воздухе (например, углерода диоксид), поступают в приземный слой атмосферы и, наоборот, газы, парциальное давление которых в атмосфере выше (например, кислород), перемещаются в почву. Кроме того, существует так называемое дыхание почвы, которое связано с одновременным поступлением всей смеси газов и паров, образующих почвенный воздух, в приземный слой атмосферы при повышении температуры почвы и снижении барометрического давления.

Примером влияния химического состава почвы на качество атмосферного воздуха является *природная ртутная биогеохимическая провинция горного Алтая*, расположенная на территории залегания ртутьсодержащих руд. Почвы этой провинции содержат ртуть в концентрациях от 0,3 до 12,0 мг/кг, хотя в почвах других территорий она колеблется в пределах 0,04—0,12 мг/кг. Уровень ртути в атмосферном воздухе провинции составляет 7—13 мкг/м³, что также значительно превышает средний фоновый уровень для паров ртути в при-

земном слое атмосферы — 0,002 мкг/м³. Содержание ртути в моче жителей этой местности также повышено. К тому же оно возрастало с увеличением продолжительности контакта: среди детей дошкольного возраста составляло 0,014 мг/л, среди школьников — 0,021 мг/л, среди взрослых — 0,033 мг/л. Наблюдалось повышение заболеваемости населения (болезни нервной и эндокринной систем, мочеполовой системы у мужчин), снижение фертильности.

Еще одним примером влияния почвы на состояние атмосферного воздуха является образование так называемого *токсического тумана на сельскохозяйственных полях*, обработанных пестицидами. Следует отметить, что из почвы, обработанной пестицидами, особенно высоколетучими фосфорорганическими соединениями, постоянно испаряется определенное количество пестицида. Этот процесс длится до достижения динамического равновесия между пестицидом, который находится в почве, и его парами в приземном слое воздуха. Вследствие этого в приземном слое сухого воздуха формируются определенные концентрации пестицидов, которые в отдаленные сроки (через 1–2 нед) после обработки полей в большинстве случаев невысокие и безопасные для здоровья. Но при определенных метеорологических условиях, которые способствуют образованию тумана на полях, концентрации пестицидов в приземном слое воздуха могут значительно повышаться. Это происходит следующим образом. Вследствие предшествующих дождей почва обильно увлажнена. За ночь температура воздуха снижается. Почва обладает высокой теплоемкостью и лучше удерживает тепло. Поэтому утром почва теплее воздуха. Влага с теплой поверхности почвы испаряется и в виде пара попадает в холодный воздух. Происходит ее конденсация с образованием мелкодисперсного водяного тумана (аэрозоля), который при неблагоприятных метеорологических условиях (температурная инверсия, малые скорости ветра) некоторое время не рассеивается. На поверхности мельчайших капелек водяного тумана сорбируются молекулы пестицидов, находившиеся в виде пара в приземном слое сухого воздуха. Площадь поверхности капелек водного тумана очень большая. Теперь в воздухе отсутствует паровая фаза пестицида. Это нарушает динамическое равновесие, для достижения которого новая порция пестицида испаряется из почвы в воздух и зависит от его физических параметров: водности и дисперсности. Водяные частицы тумана имеют малые размеры, но характеризуются большой величиной суммарной поверхности в единице объема, на которой происходит адсорбция паров пестицидов. Вследствие адсорбции молекул пестицидов на поверхности капелек водяного тумана снижается упругость их паров, и для восстановления равновесия с поверхности почвы испаряется дополнительная порция пестицидов до достижения адсорбционного равновесия и равновесной упругости паров. В результате этого концентрация пестицидов в приземном слое атмосферы может превысить ПДК на величину от одного до нескольких порядков. Такие концентрации уже являются опасными для здоровья и могут вызвать острые отравления.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что атмосферный воздух, загрязненный химическими веществами, мигрировавшими из почвы, может быть опасным для здоровья людей.

Почва как фактор передачи возбудителей инфекционных заболеваний и инвазий людей (эпидемиологическое значение почвы). Эпидемиологическое значение почвы состоит в том, что в ней, несмотря на антагонизм почвенной сапрофитной микрофлоры, возбудители инфекционных заболеваний могут достаточно продолжительное время сохранять жизнеспособность, вирулентность и патогенность. Так, в почве, особенно в ее глубоких слоях, сальмонеллы брюшного тифа могут выживать до 400 сут. В течение этого времени они могут загрязнять подземные источники водоснабжения и заражать человека. Достаточно длительное время в почве могут сохраняться не только патогенные микроорганизмы, но и вирусы (табл. 46).

Особенно долго (20—25 лет) в почве сохраняются споры анаэробных микроорганизмов, которые постоянно встречаются в почве населенных мест. К ним относятся возбудители столбняка, газовой гангрены, ботулизма, сибирской язвы. Длительное пребывание в почве указанных патогенных микроорганизмов и их спор является причиной возникновения соответствующих инфекционных заболеваний при попадании в рану человека загрязненной почвы, употреблении загрязненных пищевых продуктов.

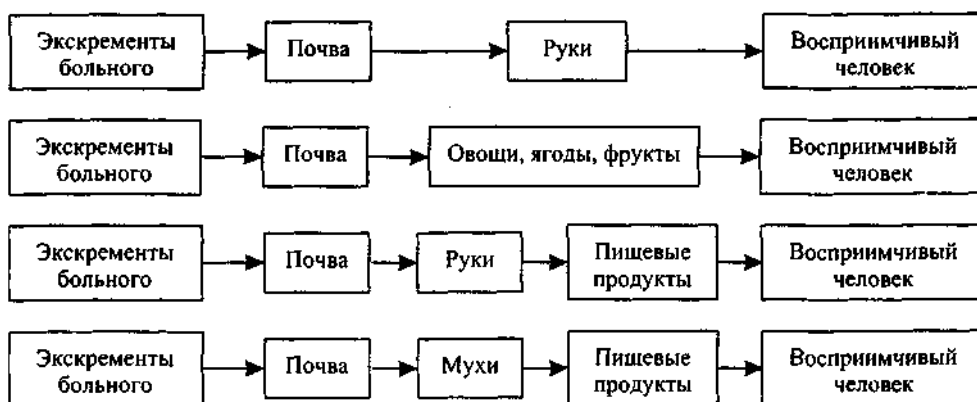
Загрязненная почва может выполнять роль фактора передачи человеку возбудителей как антропонозных, так и зооантропонозных инфекций. Среди антропонозных — кишечные инфекции бактериальной природы (брюшной тиф, паратифы А и Б, бактериальная и амебная дизентерия, холера, сальмонеллезы, эшерихиоз), вирусной этиологии (гепатит А, энтеровирусные инфекции — полиомиелит, Коксаки, ЕСНО) и протозойной природы (амебиаз, лямблиоз). К зооантропонозам, которые могут распространяться через почву, относятся: лептоспироз, в частности безжелтушная форма, водная лихорадка, инфекционная желтуха, или болезнь Васильева—Вейля, бруцеллез, туляремия, сибирская язва. Через почву могут передаваться также микобактерии туберкулеза. Особенно велика роль почвы в передаче глистных инвазий (аскаридоза, трихоцефаллеза, дифиллоботриоза, анкилостомидоза, стронгилоидоза). Для указанных инфекций и инвазий характерен фекально-оральный механизм передачи, который для кишечных инфекций является ведущим, а для других — одним из возможных.

ТАБЛИЦА 46

Выживаемость некоторых патогенных микроорганизмов в почве

Возбудитель инфекции	Средний срок, нед	Максимальный срок, мес
Тифо-паратифозная группа: <i>S. typhi</i> , <i>S. paratyphi</i> А, <i>S. schottmueleri</i>	2—3	Более 12
Дизентерийная группа: <i>Sh. dysenteriae</i> , <i>Sh. sonnei</i> , <i>Sh. flexneri</i> , <i>Sh. boydii</i>	1,5—5	Почти 9
Холерный вибрион: <i>Vibrio cholerae</i>	1—2	До 4
Палочка бруцеллеза: <i>Br. melitensis</i> , <i>Br. suis</i> , <i>Br. abortus</i>	0,5—3	До 2
Палочка туляремии: <i>Francisella tularensis</i>	1—2	До 2,5
Палочка чумы: <i>Yersinia pestis</i>	Почти 0,5	До 1
Микобактерия туберкулеза: <i>M. tuberculosis</i>	13	До 7
Энтеровирусы: <i>Poliovirus hominis</i> , Коксаки, ЕСНО	10—13	До 6

Фекально-оральный механизм передачи инфекционных заболеваний через почву — многоэтапный процесс, характеризующийся последовательным чередованием трех фаз: выделение возбудителя из организма в почву; пребывание возбудителя в почве; внедрение возбудителя в видово-детерминированный организм биологического хозяина и сводится к следующему. Патогенные микроорганизмы или яйца геогельминтов с экскрементами больного человека или носителя инфекции или же больного животного (при зооантропонозных инфекциях) попадают в почву, в которой какое-то время сохраняют жизнеспособность, патогенные и вирулентные свойства. Находясь в почве, возбудители инфекционных заболеваний могут попасть в воду подземных и поверхностных источников, а оттуда в питьевую воду, с которой попадают в организм человека. Кроме того, из почвы возбудители могут попасть на овощи, ягоды и фрукты, на руки. Их распространяют также грызуны, мухи и другие насекомые. Передача инфекции может происходить следующими путями:



Известен случай эпидемии брюшного тифа, охватившей за 36 дней 60% воспитанников детского сада. Инфицированным оказался песок на игровых площадках. Возбудители брюшного тифа попали в организм детей через загрязненные песком руки. Имеются данные о проникновении возбудителей брюшного тифа и дизентерии из загрязненной почвы в грунтовую воду, что привело к вспышкам кишечных инфекций у населения, которое пользовалось водой из колодца.

Следует отметить, что споры сибирской язвы, микобактерии туберкулеза, вирусы полиомиелита, Коксаки и ЕСНО, возбудители еще некоторых инфекций дыхательных путей могут распространяться с почвенной пылью, т. е. воздушно-пылевым путем, вызывая соответствующие инфекционные заболевания. Кроме того, заражение людей сибирской язвой возможно во время непосредственного контакта с инфицированной почвой (через поврежденную кожу).

Спорообразующие клостридии (*Cl. botulinum*, *Cl. tetani*, *Cl. perfringens*, *Cl. histolyticum* и др.) попадают в почву преимущественно с экскрементами животных и людей. Споры клостридии ботулизма обнаруживают не только в культивируемой, но и в необработанной почве. Они выделены в пробах почвы Ка-

лифорнии (70% случаев), Северного Кавказа (40%), их находили в прибрежной зоне Азовского моря, в иле и морской воде, на поверхности овощей и фруктов, в кишечнике здоровых животных, свежей красной рыбы (осетр, белуга и др.), в кишечнике (15—20%) и в тканях (20%) уснувшей рыбы. Нарушение технологии обработки продуктов на предприятиях пищевой промышленности и в домашних условиях, особенно консервов из овощей, мяса и рыбы, а также при копчении и солении рыбы, изготовлении колбасных изделий приводит к размножению палочки ботулизма и накоплению ботулинического токсина. Употребление в пищу таких продуктов приводит к развитию тяжелого заболевания с симптомами поражения центральной нервной системы.

Споры возбудителей столбняка и газовой гангрены проникают в организм человека через поврежденную кожу и слизистые оболочки (мелкие, обычно колотые, раны, ссадины, занозы, через некротизированные ткани при ожогах). Почва и почвенная пыль при столбняке являются одним из факторов передачи инфекции.

Почва играет специфическую роль в распространении геогельминтозов — аскаридоза, трихоцефаллеза, анкилостомидоза, стронгилоидоза. Выделенные в почву (незрелые) яйца *Ascaris lumbricoides*, *Trichiuris trichiura*, *Ancylostoma duodenale* и *Strongyloides stercoralis* не способны вызвать инвазию. Оптимальные условия для развития (дозревания) яиц в почве создаются при температуре от 12 до 38 °С, достаточной влажности и наличии свободного кислорода. В зависимости от условий дозревание яиц геогельминтов длится от 2—3 нед до 2—3 мес. Лишь после этого они становятся инвазивными, т. е. способными при попадании в организм человека через загрязненные руки, овощи, фрукты и другие продукты питания вызвать болезнь. Яйца геогельминтов, попадая на поверхность почвы, отмирают, но на глубине от 2,5 до 10 см, защищенные от инсоляции и высыхания, они сохраняют жизнеспособность, по последним данным, до 7—10 лет.

Эпидемиологическое значение почвы состоит еще и в том, что загрязненная органическими веществами почва является местом обитания и размножения грызунов (крыс, мышей), являющихся не только переносчиками, но и источниками многих опасных зооантропонозов — чумы, туляремии, лептоспироза, бешенства.

Кроме того, в почве живут и размножаются мухи, являющиеся активными переносчиками возбудителей кишечных и других инфекционных заболеваний.

Наконец, в почве может происходить естественное обеззараживание сточных вод и отходов от содержащихся в них патогенных микроорганизмов и гельминтов.

В последние годы роль почвы в формировании здоровья населения существенно изменилась. Если до второй мировой войны в структуре смертности преобладали инфекционные и паразитарные заболевания, то в наше время на их долю приходится лишь 1—3%. Сегодня в структуре смертности населения доминируют (свыше 70%) злокачественные новообразования и сердечно-сосудистые заболевания. Одним из факторов риска указанной патологии является загрязнение почвы и сопредельных с ней сред (воды, воздуха, растений)

экзогенными химическими веществами, возросла частота неинфекционных заболеваний, ухудшились показатели физического развития детей. Начиная с 90-х годов XX ст., в воспроизведении населения нашей страны имеет место отрицательный баланс.

Почва является естественной средой для обезвреживания жидких и твердых бытовых и промышленных отходов. Это та система жизнеобеспечения Земли, тот элемент биосферы, в котором происходит детоксикация (обезвреживание, разрушение и превращение в нетоксические соединения) основной массы поступающих в нее экзогенных органических и неорганических веществ. По словам известного гигиениста XIX ст. Рубнера, почва является "... единственным местом, удовлетворяющим всем требованиям и дарованной самой природой для обезвреживания загрязнений. Но ее детоксикационная способность имеет предел, или порог, экологической адаптационной возможности". При превышении порога экологической адаптационной возможности почвы нарушаются характерные для данного вида почвы величины естественных процессов самоочищения, и она начинает отдавать в растения, атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды биологические и химические загрязнители, которые могут накапливаться в контактирующих с почвой средах в количествах, опасных для здоровья людей, животных и растений.

Попавшие в почву органические вещества (белки, жиры, углеводы растительных остатков, экскрементов или трупов животных, жидких или твердых бытовых отходов и пр.) разлагаются вплоть до образования неорганических веществ (процесс минерализации). Параллельно в почве происходит процесс синтеза из органических веществ отходов нового сложного органического вещества почвы — гумуса. Описанный процесс называется гумификацией, а оба биохимических процесса (минерализация и гумификация), направленные на восстановление природного состояния почвы, — ее самоочищением. Этим термином обозначают и процесс освобождения почвы от биологических загрязнений, хотя в этом случае следует говорить о природных процессах ее обеззараживания. Что касается процессов самоочищения почвы от ЭХВ, то правильнее их называть процессами детоксикации почвы, а все процессы вместе — процессами обезвреживания почвы. г

Процесс самоочищения почвы от чужеродного органического вещества очень сложный и осуществляется главным образом за счет сапрофитных почвенных микроорганизмов. Проникновение необходимых для существования питательных веществ в микробную клетку происходит за счет осмотического всасывания через мелкие поры в клеточной стенке и цитоплазматической мембране. Поры настолько маленькие, что сложные молекулы белков, жиров и углеводов через них не проникают. Лишь в случае расщепления сложных веществ до более простых молекул (аминокислот, моносахаридов, жирных кислот) питательные вещества могут поступить в микробную клетку. Для осуществления такого способа питания в процессе эволюции у микроорганизмов выработалась способность выделять в окружающую среду гидролитические ферменты, которые подготавливают содержащиеся в ней сложные вещества к усвоению микробной клеткой. Все ферменты микроорганизмов по месту их действия под-

разделяют на две группы: экзоферменты, действующие вне клетки, и эндоферменты, действующие внутри клетки. Экзоферменты участвуют в подготовке питательных веществ к поступлению их в клетку, а эндоферменты способствуют их усвоению. Характер действия ферментов различен. Эстеразы (липазы), расщепляющие жиры, встречаются во многих плесневых грибах и бактериях. Протеазы, расщепляющие белковые молекулы, выделяются многими гнилостными бактериями и т.д.

Углеводы (полисахариды), попавшие в почву с отходами, под действием экзоферментов (карбогидраз) превращаются в ди- и моносахариды, которые всасываются микробной клеткой. В аэробных условиях под действием эндоферментов большая часть моносахаридов окисляется в процессе эндогенного дыхания, а незначительная часть используется для синтеза гликогена (см. с. 272).

В анаэробных условиях биохимический процесс распада углеводов протекает гораздо сложнее и заключается в образовании жирных кислот с последующим их распадом до органических спиртов, углерода диоксида, метана, водорода и других газообразных веществ с выделением энергии. При этом микроорганизмы получают энергию. Анаэробное дыхание осуществляется без участия свободного кислорода, но количество энергии, образующееся при этом, гораздо меньше, чем при кислородном дыхании.

Расщепление жиров (см. с. 273) происходит очень медленно, так как они мало подвержены процессам биохимического разрушения. Под действием экзоферментов (липаз, эстераз) жиры расщепляются до жирных кислот и глицерина, которые в аэробных условиях разлагаются эндоферментами до углерода диоксида и воды с выделением энергии. В анаэробных условиях жирные кислоты и глицерин расщепляются примерно по той же схеме, что и углеводы, до углерода диоксида, метана, водорода. Образуются также летучие жирные кислоты с неприятным запахом. Некоторое количество жирных кислот не разрушается, а используется для синтеза липидов микробной клетки.

Расщепление белков также происходит с участием сапрофитных почвенных микроорганизмов, для которых именно белоксодержащие вещества являются источником азота. Под действием экзоферментов, выделяемых микроорганизмами, сложные белковые молекулы (полипептиды) расщепляются до альбуминов и пептонов, а затем до аминокислот. Многие бактерии содержат фермент триптазу, непосредственно расщепляющий белки на аминокислоты, минуя стадию пептонов. ж

Большая часть аминокислот после поступления в микробную клетку используется как пластический и энергетический материал размножающимися сапрофитными почвенными микроорганизмами. В дальнейшем после отмирания этих микроорганизмов образуется гумус — органическое вещество, входящее в состав почвы. В состав гумуса, кроме протеиновых комплексов, входят органические кислоты, гемицеллюлоза, жиры, образовавшиеся в результате микробного синтеза. В гумусе содержится много сапрофитных почвенных микроорганизмов, отсутствуют патогенные микроорганизмы, за исключением спорообразующих. Несмотря на наличие в гумусе органических соединений, он не гнивает, не выделяет газов с неприятным запахом и не привлекает мух.

Гумус может использоваться в качестве органического удобрения, поскольку медленно разлагается, постепенно отдавая растениям питательные вещества. Процесс образования гумуса получил название гумификации.

Часть аминокислот подвергается дезаминированию с образованием аммиака, углерода диоксида и воды. Процесс разрушения белков до аммиака называют аммонификацией. В аэробных условиях аммиак, растворяясь в воде, превращается в аммония гидроксид, который, соединяясь с угольной кислотой, превращается в аммония карбонат.

Кроме того, аммония карбонат образуется и вследствие самоокисления белковых веществ сапрофитных почвенных микроорганизмов.

Азотсодержащие органические соединения попадают в почву не только в виде белков, но и аминокислот, а также продуктов белкового обмена, в частности мочевины. Мочевина под влиянием уробактерий и их фермента уреазы гидролизуетсся с образованием аммиака, который также превращается в аммония карбонат.

Аммония карбонат, образовавшийся как при дезаминировании, так и в процессе гибели микроорганизмов и при гидролизе мочевины и других продуктов азотистого обмена, подвергается биохимическому окислению при участии аэробных бактерий. Этот процесс, получивший название нитрификации, осуществляется в две фазы: в первую фазу биохимического окисления аммонийные соли превращаются в азотистые соединения (нитриты) бактериями рода *Bac. nitrosomonas*, а во второй — в азотные соединения (нитраты) бактериями рода *Bac. nitrobacter*.

Азотная кислота в виде минеральных веществ (нитратов) является остаточным продуктом окисления белковых соединений и продуктов их обмена.

Одновременно с процессами окисления в почве происходят и восстановительные процессы, которые получили название денитрификации. Под денитрификацией понимают восстановление микроорганизмами нитратов независимо от того, образуются ли при этом нитриты, низшие азота оксиды, аммиак или свободный азот.

Степень восстановительного действия бактерий зависит не только от их биохимических характеристик, но и от состава среды, ее активной реакции (рН) и других условий. Так, в щелочной среде в аэробных условиях восстановительный процесс протекает до образования солей азотистой кислоты (нитритов); в кислой среде в анаэробных условиях — до аммиака.

Под денитрификацией в более узком значении слова понимают разложение нитратов и нитритов с выделением свободного азота. Если в среде нет кислорода или его содержание ограничено, денитрифицирующие бактерии берут его у солей азотной и азотистой кислот и одновременно окисляют безазотные органические соединения, получая при этом энергию. Азот нитратов они также используют для построения цитоплазмы. Этот сложный процесс является одновременно восстановительным и окислительным (см. с. 275).

Гигиеническое значение денитрификации весьма важно в связи с тем, что этот процесс при работе сооружений по почвенной очистке может стать преобладающим, когда нарушается воздухопроницаемость почвы, например, в на-

чальный период эксплуатации полей орошения. Положительным в этом процессе является то, что при дефиците кислорода в воздухе может использоваться кислород нитратов, и этот процесс предотвращает загрязнение ими подземных вод. Часть нитратов, образовавшихся в процессе биохимического окисления органических веществ, усваивается корневой системой растений, а часть денитрифицируется. Азот нитратов может быть также использован для синтетических процессов микроорганизмами.

В условиях, способствующих размножению анаэробных микроорганизмов, образуются промежуточные продукты распада белков (индол, скатол, меркаптаны, летучие жирные кислоты, сероуглерод и др.). Для них характерен неприятный сильный запах. Такие условия создаются в результате перегрузки почвы органическими отходами, особенно в случае ее тяжелого механического состава (средние и тяжелые супески, суглинки, глины) и повышенной влажности.

По мере самоочищения почвы от органических загрязнений отмирает и патогенная микрофлора, главным образом неспорообразующие микроорганизмы. К факторам, которые способствуют отмиранию патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов, относятся бактериофаги и антибиотики, имеющиеся в почве, солнечная радиация, высыхание почвы. Все вышеизложенное свидетельствует о большом гигиеническом значении процессов самоочищения почвы, которые можно использовать и даже воспроизводить на искусственных сооружениях, предназначенных для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод и обезвреживания твердых бытовых отходов.

Источники загрязнения почвы, их гигиеническая характеристика

Загрязнителями почвы, согласно определению экспертов ВОЗ, называют химические вещества, биологические организмы (бактерии, вирусы, простейшие, гельминты) и продукты их жизнедеятельности, которые встречаются в ненадлежащем месте, в ненадлежащее время и в ненадлежащем количестве. Под загрязнением почвы следует понимать лишь то содержание химических и биологических загрязнителей в ней, которое становится опасным для здоровья при прямом контакте человека с загрязненной почвой или через контактирующие с почвой среды, по экологическим цепочкам: почва — вода — человек; почва — атмосферный воздух — человек; почва — растение — человек; почва — растение — животное — человек и др.

Почва может загрязняться в результате: 1) внесения минеральных и органических удобрений; 2) использования пестицидов; 3) поступления промышленных и бытовых отходов различных видов, которые применяют в качестве удобрений и с целью увлажнения, в том числе и внесения в почву отходов животноводческих комплексов (ферм) и индивидуальных хозяйств; 4) попадания на ее поверхность химических веществ с атмосферными выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, а также радионуклидов вслед-

ствие аварий на ядерных реакторах; 5) захоронения бытовых и промышленных отходов.

Все загрязнители почвы можно разделить на биологические (вирусы, бактерии, яйца гельминтов, простейшие) и химические. Химические загрязнители почвы делятся на две большие группы. К первой группе относятся химические вещества, которые вносятся в почву целенаправленно, чаще всего — в сельском и лесном хозяйствах: пестициды, минеральные удобрения, структурообразователи почвы, стимуляторы роста растений и др. Этот процесс является управляемым. При несоблюдении агрохимических и гигиенических регламентов применения (внесении в почву избытка) ЭХВ они становятся загрязнителями почвы и могут представлять опасность для здоровья людей.

Ко второй группе химических загрязнителей относятся химические вещества, поступающие в почву случайно с техногенными (антропогенными) жидкими, твердыми и газообразными отходами. Это вещества, поступающие в почву вместе с бытовыми и промышленными сточными водами и твердыми отходами, атмосферными выбросами промышленных предприятий, выхлопными газами автотранспорта и др.

Степень загрязнения почвы ЭХВ зависит от: 1) уровня их поступления в почву; 2) физико-химических свойств (структуры, растворимости в воде, летучести и др.); 3) местных почвенно-климатических условий; 4) интенсивности процессов миграции ЭХВ из почвы в атмосферный воздух, открытые водоемы, подземные воды, растения; 5) возможности трансформации и деградации ЭХВ в результате физико-химических процессов (гидролиз, фотолиз) или действия биологических агентов (микроорганизмы, в меньшей степени водоросли) и их ферментативных систем, способных расщепить молекулы многих токсических веществ до безопасных метаболитов.

Опасность загрязнения почвы химическими веществами связана, во-первых, с их токсическими свойствами (острым и хроническим общетоксическим действием, наличием аллергенного, мутагенного, канцерогенного, эмбриотоксического, тератогенного действия, репродуктивной токсичностью и др.), а во-вторых, с особенностями их поведения в окружающей среде (стабильностью в почве и воде водоемов, миграционной способностью). Все ЭХВ по степени опасности для здоровья населения делят на три класса: 1-й — высокоопасные; 2-й — умеренно опасные; 3-й — малоопасные.

Класс опасности ЭХВ устанавливают по показателям, приведенным в табл. 47. К 1-му классу относятся мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, бенз(а)пирен, стойкие хлорорганические пестициды: ДДТ, гексахлорциклогексан (ГХЦГ), полихлоркамфен (ПХК), полихлорпинен (ПХП) и др. Ко 2-му — бор, кобальт, никель, молибден, хром, гербициды группы 2,4-Д и др. К 3-му — барий, ванадий, вольфрам, марганец, нерадиоактивный стронций и др.

По мнению большинства ученых, ухудшение здоровья населения, наблюдающееся за последние десятилетия, связано с негативным влиянием химических факторов окружающей среды. Анализ причинно-следственных связей свидетельствует о значительной роли химического загрязнения почвы в ухудшении здоровья населения. Это объясняется тем, что почва занимает центральное

Классификация опасности ЭХВ, загрязняющих почву

Показатель	Класс опасности		
	1-й	2-й	3-й
Токсичность при пероральном поступлении, ЛД ₅₀ (мг/кг)	50—200	200—1000	> 1000
Стабильность в почве, мес	>12	12—6	<6
ПДК в почве, мг/кг	<0,2	0,2—0,5	>0,5
Миграция:			
по профилю почвы, см	60—41	40—21	20—0
в воздух	>ПДК	= ПДК	<ПДК
в воду	>ПДК	= ПДК	<ПДК
Переход в растения:			
стабильность в растениях, мес;	>3	3—1	<1
влияние на пищевую ценность	Влияет	Влияет	Не влияет
Влияние на санитарное состояние почвы	Влияет	Влияет	Не влияет

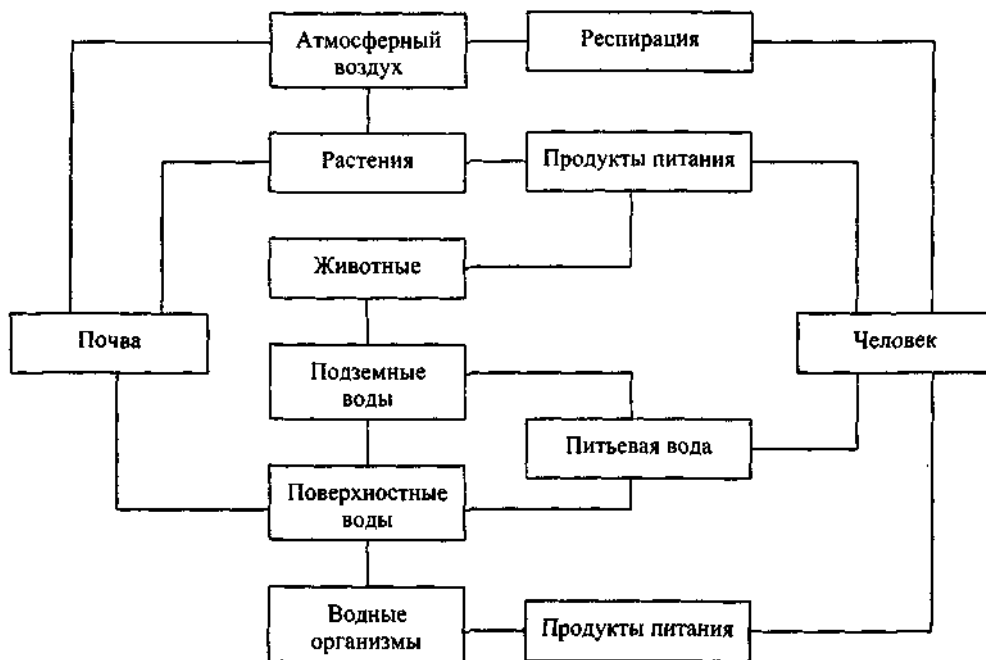


Схема 2. Пути миграции химических веществ из почвы в организм человека

место в круговороте веществ в биосфере. Кроме того, она является основным депо, где накапливаются стойкие химические вещества в природной среде, а также выступает начальным звеном в их миграции от источника загрязнения до организма человека по коротким и длинным трофическим цепочкам (схема 2).

Экзогенные химические вещества, вносимые в почву целенаправленно. В связи с высоким экономическим эффектом, связанным с использованием препаратов для борьбы с вредителями и болезнями растений и повышения урожайности, их применение во всем мире в XX в. возросло. Поэтому с каждым годом в почву поступает все большее количество пестицидов, минеральных веществ, структурообразователей почвы, стимуляторов роста растений и др.

Пестициды (от *пест* — вред и *цидо* — убиваю) — общепринятое в мировой практике собирательное название химических средств защиты растений. Пестициды используют для уничтожения или прекращения развития живых организмов (насекомых, клещей, бактерий, вирусов, спор грибов, вредной растительности и др.), наносящих ущерб растениеводству и животноводству. Как синонимы используют термины "сельскохозяйственные ядохимикаты", "агрохимикаты" и "химические средства защиты растений". Широкое применение пестицидов объясняется тем, что потенциальные ежегодные потери урожая в мире могут достигать вследствие действия вредителей 13,8%, в результате болезней — 11,6% и из-за сорняков — 9,5%, т. е. свыше третьей части (34,9%) мирового урожая (данные Международной продовольственной сельскохозяйственной организации при ООН — ФАО/ВОЗ). Использование химических средств защиты растений дает возможность сохранить пятую часть мирового урожая пшеницы, шестую — картофеля, половину урожая яблок. Применение пестицидов позволяет дополнительно собрать с каждого гектара сельскохозяйственных угодий 2—3 ц зерна, 5 ц риса, 15—20 ц картофеля.

Мировой ассортимент пестицидов насчитывает сегодня свыше 1000 наименований действующих веществ, из которых наиболее широко используют почти 700. На их основе получены и используют десятки тысяч различных препаративных форм пестицидов, в том числе комбинации нескольких (чаще всего 2—3) действующих веществ. Ежегодно в мире исследуют свыше 200 тыс. химических веществ для выявления их потенциальной пестицидной активности.

Мировое производство пестицидов достигает 2 млн т действующих веществ в год. Если произвести перерасчет всего количества пестицидов на 1 га площади возделываемых земель, то на каждый гектар в среднем в мире приходится 0,3 кг действующих веществ пестицидов, а среднерасчетная концентрация их в почве достигает 0,1 мг/кг. В мире уровень применения пестицидов различный. Так, по данным ВОЗ/ЮНЭП, средняя нагрузка пестицидов на 1 га площади пахотных земель в США в конце XX в. составляла 1,5 кг, в Европе — 1,9 кг в Украине 2,5 кг. В последнее время нормы расхода пестицидов уменьшались. Это связано, *во-первых*, с использованием действующих веществ новых химических классов, эффективных при меньших нормах расхода, а *во-вторых*, с использованием биологических средств защиты растений.

В Украине ежегодное использование пестицидов в конце XX в. достигло 190 тыс. т. Наибольший вклад в суммарную территориальную нагрузку внесли гербициды, предназначенные для борьбы с сорняками. Их доля достигала 53,8%. Доля фунгицидов (веществ для борьбы с грибковыми болезнями растений) составляла 25,1%, инсектицидов (для уничтожения насекомых-

Содержание стойких хлорорганических пестицидов в почве

Характеристика участка, страна	Содержание пестицидов, мг/кг			
	ДДТ	Ддт + ДДЕ	Алдрин + дилдрин	Гептахлор-эпоксид
Яблоневые сады (Великобритания)	5,25—17,0			
Фруктовые сады (США)	2,1—118,9		2,1	
Пахотные земли (Канада)		0,0—0,1	0,75	0,06—0,86
Пахотные земли (США)	4,7—30,0	0,5—7,2		

вредителей) и акарицидов (для уничтожения клещей на растениях) суммарно — 19,1 %.

Фактическое содержание пестицидов в почве иногда значительно превышает среднерасчетное (0,1 мг/кг) и достигает в ряде стран катастрофических величин (табл. 48). Такое загрязнение почвы пестицидами опасно как при прямом контакте человека с загрязненной почвой, так и при миграции пестицидов из почвы в контактирующие с ней среды (вода, воздух, растения). Кроме того, под действием пестицидов могут происходить количественные и качественные изменения популяций почвенных микроорганизмов, изменения микробиоценоза почвы, нарушающие процессы ее самоочищения. Поэтому бесконтрольное использование химических средств защиты растений приводит к необратимым изменениям в среде обитания человека.

Расширение ассортимента и объемов использования химических средств защиты растений во второй половине XX в. привело к увеличению количества случаев профессионального отравления людей пестицидами. Так, если за период 1945—1965 гг. в мире было зарегистрировано 40 тыс. случаев отравления людей пестицидами, то в последующие 20 лет только в развивающихся странах — 500 тыс. случаев острых отравлений агрохимикатами, в том числе 5 тыс. случаев с летальным исходом.

Миграция пестицидов из почвы в растения, атмосферный воздух, подземные и поверхностные водоемы приводит к увеличению нагрузки пестицидов не только на профессиональные контингента (сельскохозяйственных работников), но и на все население в целом, что создает реальную угрозу его здоровью. При этом прежде всего страдает детское население. Наибольшее влияние на заболеваемость населения оказывают хлорорганические и фосфорорганические пестициды, доля которых в суммарной территориальной нагрузке составляет около 15%. Ряд агрохимикатов, поступающих в организм человека из почвы по миграционным цепочкам, оказывает мутагенное действие, проявляющееся увеличением частоты точечных мутаций и хромосомных aberrаций в соматических и половых клетках, приводящих к развитию новообразований, спонтанным абортam и перинатальной гибели плода, врожденным аномалиям развития, бесплодию и пр.

Сегодня уделяется большое внимание повышению безопасности применения пестицидов. С этой целью во всех странах мира строго ограничено исполь-

зование пестицидов 1 -го класса опасности и стойких хлорорганических соединений (ДДТ, ГХЦГ), остановлено производство и запрещено использование полихлорированных бифенилов. Токсические и стойкие действующие вещества пестицидов заменяют более безопасными. Совершенствуют препаративные формы пестицидов с целью уменьшения подвижности и миграционной способности их действующих веществ. Научно обосновываются гигиенические нормативы и регламенты применения пестицидов: допустимая суточная доза; ПДК в почве, воде водоемов хозяйственно-питьевого водоснабжения, атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны; МДУ в продуктах питания; сроки выхода сельскохозяйственных работников на обработанные угодья; сроки ожидания между применением пестицидов и сбором урожая и др.

Минеральные удобрения. К минеральным удобрениям относятся неорганические химические соединения, применяемые в сельском хозяйстве в целях повышения плодородия почв. Различают макро- и микроудобрения. Минеральные макроудобрения — вещества, в состав которых входят основные элементы, повышающие плодородие (азот, фосфор, калий). Соответственно макроудобрения делятся на азотные, фосфатные, калийные и комплексные.

За относительно непродолжительный период производство и применение в сельском хозяйстве минеральных макроудобрений существенно увеличилось. Так, если в 1952 г. мировое производство минеральных макроудобрений составляло 21 млн. т¹ в год, то в последующие 20 лет оно возросло почти в 4 раза и в 1972 г. достигало 79 млн. т в год. В СССР за период 1940—1985 гг. (т. е. за 45 лет) применение минеральных удобрений увеличилось с 0,7 до 25,4 млн т. Расширился ассортимент минеральных удобрений. Например, группа азотных удобрений включает аммиачные (аммиачная вода), аммонийные (аммония сульфат), нитратные (калийная, натриевая и кальциевая селитра), аммонийно-нитратные (аммиачная селитра) и амидные (карбамид, мочевины) удобрения. В группе фосфатных удобрений входят простой и двойной суперфосфаты, преципитат, основные шлаки и др. К группе калийных удобрений относится калийная соль (калия хлорид), калий-магнезиальное удобрение, калийно-аммиачная селитра.

Уровень применения в сельском хозяйстве Украины в 1986—1990 гг. минеральных удобрений составляли в среднем 166,4 кг/га пашни. В целом в Украине в конце XX в. ежегодно применяли 5 млн т азотно-калийно-фосфатных удобрений. В ассортименте минеральных удобрений преобладали азотные — 42%, а на долю калийных и фосфатных приходилось 27,5 и 30,5% соответственно. При этом уровень применения азотных минеральных удобрений ежегодно уменьшался, использование фосфатных увеличивалось, а калийных — оставалось без изменений.

Современная технология применения минеральных удобрений предотвращает их максимальное накопление фитомассой сельскохозяйственных растений. Значительная часть удобрений вымывается в подземные воды, мигрирует

¹Здесь и далее по тексту объемы производства и использования минеральных удобрений приведены в перерасчете на 100% питательных веществ.

с поверхностным стоком, разлагается в почве, образуя летучие продукты, поступающие в приземный слой атмосферного воздуха. Сегодня в научной литературе имеется достаточно убедительных данных о том, что при нерациональном использовании минеральных удобрений возникает реальная опасность для здоровья человека и окружающей среды. Наибольшее внимание уделяют азотным удобрениям.

Компоненты азотных удобрений (аммиак, нитраты, мочевины) при чрезмерном внесении в почву могут мигрировать в поверхностные и подземные водоемы, загрязняя их. Так, в Англии за 10 лет концентрация нитратов в речной воде увеличилась на 44—48%, вследствие чего более чем в 100 источниках централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения концентрация нитратов превысила 50 мг/л. Наиболее вероятно поступление нитратов (самой подвижной формы азотных удобрений) в грунтовую воду. В отдельных селах Молдовы содержание нитратов в колодезной воде достигало 100—500 мг/л. При загрязнении воды источников водоснабжения нитратами в концентрациях, превышающих 45 мг/л, у новорожденных, которые находятся на искусственном вскармливании, и людей пожилого возраста может возникнуть водно-нитратная метгемоглобинемия. Так, в Венгрии за период 1968—1979 гг. повышенное содержание нитратов было зарегистрировано в воде колодцев 176 поселений (обследовали 296 сел). За этот период было зарегистрировано 234 случая водно-нитратной метгемоглобинемии у детей.

Нитраты, которые являются компонентами нитратных (натриевая, кальциевая и калиевая селитры) и аммонийно-нитратных (аммиачная селитра) удобрений, а также образовавшиеся в почве из аммиака аммиачных (аммиачная вода), аммония аммонийных (сульфат аммония) и мочевины амидных азотных удобрений, являются предшественниками синтеза в объектах окружающей среды нитрозосоединений, большинство из которых обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. В почве постоянно присутствуют продукты разложения белковых веществ — амины и амиды, а также, при условии чрезмерного использования азотных удобрений, — нитраты и нитриты, из которых во время трансформации в почве могут образоваться нитрозамины и нитрозамиды (N-нитрозодиметиламин, N-нитрозодиэтиламин и др.). Нитрозосоединения могут синтезироваться в фитомассе сельскохозяйственных растений при условии поступления в них избыточного количества нитратов. Нитрозосоединения относительно стабильны в объектах окружающей среды, мало растворимы в воде и большинство из них высоколетучи. По экспертным оценкам, в организм человека с питьевой водой, продуктами питания, атмосферным воздухом может поступить до 5—10 мкг нитрозаминов в сутки. Нитрозосоединения нитрозамины и нитрозамиды могут образовываться в организме человека в результате эндогенного синтеза, достигая 7 мкг/сут. Большинство нитрозаминов и нитрозамидов являются сильными химическими канцерогенами. Некоторые нитрозосоединения (N-нитрозометилмочевина, N-нитрозоэтилмочевина) проникают через трансплацентарный барьер в организм плода, оказывая эмбриотоксическое и тератогенное действие.

Поступление в открытые (поверхностные) водоемы минеральных удобрений, содержащих азот и фосфор, обуславливает их эвтрофикацию (способствует размножению микрофитов и водных растений), стимулирует "цветение" водоемов, ухудшает органолептические свойства воды, разрушает водные биоценозы, нарушает процессы самоочищения водоемов и препятствует использованию их в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Значительную роль в загрязнении почвы играют фосфатные удобрения. Поглощенные почвой фосфаты малоподвижны и лишь 2% их вымывается из пахотного слоя. Поэтому при чрезмерном применении фосфатных удобрений в почве накапливается P_2O_5 в таком количестве, которое способно тормозить процессы ее самоочищения. Кроме того, фосфаты с поверхностным стоком могут попадать в открытые водоемы и вызывать их эвтрофикацию. Гигиеническое значение имеет тот факт, что фосфатные удобрения содержат примеси фторсодержащих соединений (от 0,2 до 4%), железа, стронция, селена, мышьяка (не менее 0,006%), тяжелых металлов (не менее 0,008%), в том числе кадмия (10—30 мг/кг), радионуклидов (урана, тория). Поэтому при несоблюдении гигиенических норм их применения они загрязняют почву, растения, воду подземных и поверхностных водоемов. Так, с фосфатными удобрениями в почву поступает фтор в количестве 8—20 кг/га; 0,1—0,4% его мигрирует в растения, 25% вымывается в открытые водоемы, а остальное количество накапливается в почве и мигрирует в подземные воды, иногда способствуя увеличению уровня фтора в грунтовых водах до 20 мг/л. Установлено, что при внесении в почву суперфосфата уровень кадмия в картофеле увеличивается в 4 раза по сравнению с контролем.

Калий, входящий в состав калийных удобрений, мигрирует из почвы в контактирующие среды чрезвычайно медленно, не оказывая негативного воздействия на почвенный биоценоз и способность почвы к самоочищению. Вместе с калийными удобрениями в почву поступают хлорида анионы. Если вносят 45—50 кг/га калийных удобрений (в перерасчете на K_2O), то вместе с ними поступает 30—35 кг/га хлорида аниона, что приводит к искусственному засолению почв. Накопление значительных количеств калия в почве может вызвать нарушение соотношения между калием и натрием в питьевой воде, пищевых продуктах и отрицательно повлиять на здоровье человека — вызвать нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы.

Минеральные микроудобрения вносят в почву в относительно небольших количествах (в 10—100 раз меньше, чем макроудобрений) для повышения ее плодородия. В их состав входят разнообразные микроэлементы. Самыми распространенными являются борные (0,5—1 кг/га), молибденовые, медные (10—15 кг/га), марганцевые (3—5 кг/га), цинковые (3—5 кг/га), кобальтовые (0,1—0,2 кг/га) и полимикроудобрения (ПМУ-7, ПМУ-8 и др.) При превышении норм расхода микроудобрений микроэлементы могут накапливаться в почве и растениях в избыточных количествах, оказывая отрицательное влияние на здоровье населения. В состав микроудобрений входит довольно много свинца (от 0,3 до 1%), иногда — кадмия и мышьяка. Таким образом, при нерациона-

нальном использовании микроудобрений существует реальная угроза загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Структурообразователи почвы. Под структурообразователями почвы понимают химические вещества, вносимые в почву сельскохозяйственных полей в целях улучшения ее структуры. К ним относятся поверхностно-активные вещества, являющиеся нестабильными соединениями и относительно быстро разрушающиеся под действием почвенных микроорганизмов.

Регуляторы роста растений — это естественные и синтетические органические соединения, которые в малых дозах активно влияют на обмен веществ у растений. К ним относятся производные этилена, никотиновые соединения, карбаматы, фосфониевые соединения и др. Остаточное количество этих веществ в почве и растениях зависит от норм расхода. Сроки сохранения препаратов в почве, например хлорхолинхлорида, увеличиваются в случае применения в сочетании с азотными удобрениями. Синтетические регуляторы роста стабильны в почве и обладают токсичностью.

Загрязнители, попавшие в почву с бытовыми и технологическими отходами. К этой группе относятся загрязнители, попавшие в почву с бытовыми, промышленными, ливневыми сточными водами, сточными водами животноводческих комплексов, твердыми бытовыми и промышленными отходами, атмосферными выбросами промышленных предприятий, авто- и авиатранспорта. Химические вещества, поступающие с бытовыми отходами, сточными водами населенных мест и животноводческих комплексов, являются в основном теми органическими соединениями, к обезвреживанию и минерализации которых почва приспособилась за миллионы лет эволюции. Кроме того, в почву из указанных выше источников загрязнения поступают биологические загрязнители — патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, простейшие, вирусы, яйца геогельминтов.

Бытовые отходы — это остатки веществ и предметов, которые образуются в результате бытовой и хозяйственной деятельности человека и которые не могут быть использованы на месте образования, а их накопление и хранение нарушают санитарное состояние окружающей среды. Все бытовые отходы делят на *жидкие и твердые*. К жидким бытовым отходам относят нечистоты из выгребов туалетов, помой (от приготовления еды, мытья посуды, полов, стирки белья и др.) и сточные воды (бытовые, ливневые). Их гигиеническая характеристика приведена в разделе "Санитарная охрана водных объектов". К твердым бытовым отходам относят мусор (бытовые отходы), уличный смет, отбросы (отходы кухонные), отходы предприятий общественного питания, торговых заведений, лечебно-профилактических, образовательных (школ, детских дошкольных учреждений, средних и высших учебных заведений) и других учреждений, строительный мусор, образовавшийся во время индивидуального ремонта квартир.

В состав твердых бытовых отходов входят:

1) вторичное сырье (бумага, картон, текстиль, металл, кожа и др.); составляет приблизительно 25% от массы отходов;

2) органическая часть, которую можно обезвредить — приблизительно 60—70% от массы отходов. Доля легко загнивающих, особенно в теплое время года, органических веществ достигает 20—30%;

3) балласт (стекло, камень и др.) — 6—8%;

4) горючие материалы, которые не удается утилизировать (уголь, древесина, резина и др.) — 8—10%.

В эпидемическом отношении бытовые отходы очень опасны. Их коли-титр' (титр бактерий группы кишечной палочки) составляет 10^{16} — 10^{17} , титр анаэробов² — 10^3 — 10^6 , микробное число³ достигает десятков и сотен миллиардов. В бытовых отходах содержится огромное количество возбудителей различных инфекционных заболеваний, прежде всего кишечных инфекций; в 30—40% проб твердых бытовых отходов содержатся яйца гельминтов. Патогенные микроорганизмы достаточно длительное время сохраняют в отходах патогенность и вирулентность.

Твердые бытовые отходы являются наиболее благоприятной средой для развития домашней мухи (*Musca domestica*). Самка домашней мухи, привлеченная запахом аммиака, выделяющегося из загнивающих отходов, откладывает в поверхностном слое (на глубине 1—3 см) яйца. Летом при температуре в толще отходов 36 °С яйца через 7—8 ч превращаются в личинки, которые в течение 3 сут становятся подвижной предкуколкой, продвигаются глубже (если отходы на поверхности почвы, то в почву, на глубину 50—60 см), где трансформируются в куколку, а через 4 сут — в имаго. Мухи активно переносят бактериальные загрязнения отходов на пищевые продукты и предметы быта. Доказано, что патогенные микроорганизмы на поверхности тела мухи выживают в течение 1—7 сут, а в желудке — от 2 до 8 сут. Некоторые авторы называют муху агрессором, который все лето ведет бактериологическую войну против человечества. Личинки и куколки мух находили в 100% проб твердых бытовых отходов.

В населенных пунктах твердые бытовые отходы образуются непрерывно и накапливаются в больших количествах. Так, в конце XX в. в странах ЕЭС образовалось почти 150 млн т бытовых отходов. Ежегодно их масса увеличивается на 0,5%. В крупных городах средняя норма накопления твердых бытовых отходов составляет от 1 до 1,5 м³ в год на одного жителя.

Проблема твердых бытовых отходов как источника антропогенного загрязнения почвы приобрела сегодня чрезвычайную актуальность. С твердыми бытовыми отходами в почву попадает большое количество органических веществ, микроорганизмов, яиц геогельминтов. Из почвы компоненты твердых

Коли-титр твердых бытовых отходов — это минимальное количество отходов в граммах, в котором содержится одна бактерия группы кишечной палочки.

Титр анаэробов твердых бытовых отходов — это минимальное количество отходов в граммах, в котором содержится одна анаэробная клостридия.

" Микробное число твердых бытовых отходов — это количество микроорганизмов, которые вырастают на 1,5% мясо-пептонном агаре при температуре 37 °С в течение 24 ч, содержащихся в 1 г отходов.

бытовых отходов могут попадать в подземные (в первую очередь грунтовые) воды, смываться атмосферными осадками в открытые водоемы и приводить к загрязнению воды источников водоснабжения. Вследствие расщепления органических веществ отходов, особенно легко загнивающих, образуются газы с неприятным запахом: аммиак, сероводород, индол, скатол, меркаптаны, которые загрязняют атмосферный воздух.

Промышленные отходы. С развитием промышленности во всех странах мира увеличилось количество промышленных отходов. В конце XX в. среди развитых европейских стран наибольшее количество промышленных отходов (52 млн т ежегодно) образовывалось в ФРГ. Приблизительно по 30—40 млн т промышленных отходов образовывалось на предприятиях Англии, Франции и Италии. В среднем на одного жителя индустриально развитого города ежегодно накапливалось 0,5—1 кг промышленных отходов, не считая строительного мусора, образующегося во время строительства новых, реконструкции и ремонта старых зданий. В Украине в конце XX в. общий объем накопления промышленных отходов, по минимальным оценкам, составил 20 млрд т. Площадь земель, занятая отходами, составляла почти 130 тыс. га. До 75% общего объема промышленных отходов составляли отходы горнодобывающей промышленности и до 14% — отходы, образующиеся во время обогащения полезных ископаемых. Значительная часть принадлежала отходам предприятий химико-металлургической переработки сырья, а также сталеплавильного, титано-магниевого, железо- и марганцеворудного, гальванического и коксохимического производства, производства минеральных удобрений, золошлакам энергетики и глиноземным шламам.

Промышленные отходы в условиях значительного накопления при несоблюдении санитарно-гигиенических норм и правил обращения с ними становятся опасными для окружающей среды и здоровья людей. Все твердые промышленные отходы в зависимости от токсичности, обусловленной физическими, химическими и биологическими характеристиками подразделяют на четыре класса: I — чрезвычайно опасные; II — высокоопасные; III — умеренно опасные; IV — малоопасные. Класс опасности промышленных отходов устанавливают по величине суммарного индекса опасности, который определяют расчетным методом по специальным формулам, учитывающим: ПДК химических веществ в почве; их растворимость в воде при температуре 25 °C; летучесть химических веществ, т. е. давление насыщенного пара (в миллиметрах ртутного столба) при температуре 25 °C; количество каждого вещества в общей массе отходов. Если для химических веществ, которые входят в состав отходов, не установлена ПДК в почве, расчет ведут по среднесмертельной дозе (LD_{50}) при введении в желудок экспериментальных животных. В зависимости от класса опасности промышленных отходов необходимо использовать специальные методы и способы обращения с ними.

Гигиенические мероприятия по обращению с промышленными отходами предусматривают: 1) определение класса токсичности промышленных отходов; 2) контроль за сбором и временным их хранением; 3) контроль за транспортировкой; 4) контроль за утилизацией (вторичным использованием и перера-

боткой); 5) контроль за эксплуатацией объектов захоронения промышленных отходов.

Особую опасность представляют так называемые токсичные промышленные отходы, содержащие вредные физиологически активные вещества и дающие выраженный токсический эффект. Такие отходы при контакте с ними человека могут вызвать заболевание или отклонение в состоянии здоровья нынешнего и будущего поколений, а также негативные изменения в объектах окружающей среды. Токсические отходы могут содержать бериллий, свинец, ртуть, мышьяк, хром, фосфор, кобальт, кадмий, таллий, металлоорганические и цианистые соединения, канцерогенные вещества различной химической природы: бенз(а)пирен, нитрозамины, афлотоксины. В местах их временного хранения при нарушении гигиенических требований утилизации, обезвреживания и захоронения токсических промышленных отходов загрязняются почвы, что может способствовать миграции токсических химических веществ в контактирующие с почвой среды, особенно в подземные и поверхностные водоемы.

Промышленные атмосферные выбросы. С выбросами промышленных предприятий в атмосферу поступают различные химические вещества, качественный и количественный состав которых зависит от особенностей технологического процесса. Так, с выбросами предприятий теплоэнергетики в воздух поступают зола, сажа, серы диоксид, азота оксиды, циклические углеводы, соединения мышьяка и фтора; предприятия черной металлургии загрязняют воздух рудничной пылью, оксидами железа и марганца; объекты цветной металлургии — оксидами свинца, цинка, кадмия, меди, мышьяка и ртути. Выбросы предприятий химической промышленности загрязняют атмосферу ароматическими и алифатическими углеводородами, соединениями серы, кислотами, фенолами, эфирами и т. д. В результате процессов естественного самоочищения атмосферы за счет гравитационной седиментации (выпадения под действием силы тяжести) и вымывания атмосферными осадками указанные химические вещества из воздуха попадают сначала на поверхность почвы, а затем начинают мигрировать. Вследствие поверхностного стока они поступают в открытые водоемы. Миграция вглубь почвы приводит к загрязнению всего слоя почвы и поступлению в подземные, прежде всего грунтовые, воды. Из почвы химические вещества мигрируют в растения. С почвенной пылью и вследствие испарения летучие соединения поступают в атмосферный воздух. В почву из атмосферы в глобальном масштабе ежегодно поступает 3 млн т серы диоксида, 3,1 млн т азота оксидов, 8,2 млн т углерода оксида, 1,75 млн т органических соединений, 7 тыс. т цинка, 6,5 тыс. т свинца, 80 т кадмия, около 600 других химических веществ.

В последние десятилетия в связи с резким ускорением темпов научно-технического прогресса литосфера, особенно ее поверхностный слой — почва, интенсивно загрязняется тяжелыми металлами, в частности такими, как ванадий, висмут, железо, кадмий, кобальт, медь, молибден, никель, олово, свинец, селен, сурьма, теллур, хром, ртуть и др., атомная масса которых превышает 50.

Характерной особенностью загрязнения почвы металлами является четко выраженная локализация зон загрязнения. Наибольшее количество металлов,

загрязняющих почву, фиксируется вблизи промышленных предприятий (в радиусе 1—2 км). На расстоянии 3—5 км содержание металлов в почве начинает уменьшаться, и это происходит до расстояния 20—30 км. За пределами этих границ оно в большинстве случаев не превышает фонового значения.

Накопление в почве тяжелых металлов в количествах, превышающих фоновые, а тем более ПДК, приводит к изменению химического состава почвы, появлению у нее токсических свойств, нарушению почвенных биоценозов, угнетению процессов самоочищения почвы, снижению ее плодородия. В зоне влияния выбросов металлургических производств формируются искусственные техногенные биогеохимические провинции. Основными их особенностями являются: высокое содержание тяжелых металлов в почве относительно регионального фона; образование стойких техногенных циклов миграции тяжелых металлов (атмосфера — почва, почва — растения, почва — вода); прогрессирующие процессы загрязнения; наличие корреляционной связи между концентрациями тяжелых металлов в окружающей среде и биологических объектах (биосредах растений и животных).

В техногенных биогеохимических провинциях вследствие загрязнения тяжелыми металлами атмосферного воздуха, питьевой воды и сельскохозяйственной продукции формируется хроническая токсическая нагрузка на организм человека. Высокое содержание свинца в почве и контактирующих с ней средах (в атмосферном воздухе — до 25—85 мкг/м³, в пищевых продуктах — до 2,5 мг/кг, в воде — до 2,6 мг/л) привело к тому, что у 30% детей, проживающих на загрязненной территории, содержание свинца в крови составляло более 40 мкг/100 мл крови, в то время как у детей, проживающих на относительно чистых территориях, оно не превышало 12 мкг/100 мл крови. Ориентировочный уровень поступления тяжелых металлов в организм взрослого человека на территории техногенных биогеохимических провинций составляет: цинка — от 2617,6 до 13 825,0; свинца — от 372,6 до 3323,9; кадмия — от 25,6 до 112,4 мкг/сут. Это значительно превышает уровень поступления веществ на незагрязненной территории — 1759,4; 94,8; 9,3 мкг/сут соответственно и выходит за пределы безопасных уровней, которые установлены экспертным комитетом ВОЗ.

Известно, что тяжелые металлы имеют выраженные кумулятивные свойства, высокую биохимическую активность относительно сульфгидрильных, тиоловых, карбоксильных и других активных групп белков. Образование комплексов металл — белок может индуцировать аллергическую реакцию. Некоторые тяжелые металлы обладают мутагенными и канцерогенными (кадмий, мышьяк, никель, хром), гонадотоксическими, эмбриотоксическими и тератогенными (ртуть, кадмий) свойствами. Поэтому в искусственных биогеохимических провинциях наблюдается рост заболеваемости и смертности населения. Кроме того, тяжелые металлы (ртуть, мышьяк, хром и др.) обладают способностью проникать через плаценту, что повышает риск развития предпатологических и патологических состояний у новорожденных и младенцев.

Выхлопные газы автотранспорта. Автомобильные выбросы в атмосферу содержат углерода диоксид, углеводороды, бенз(а)пирен, соединения свинца,

кадмия, меди, марганца, цинка. Установлено, что уровень загрязнения почвы вдоль автомагистралей зависит от интенсивности движения автотранспорта, продолжительности эксплуатации дорог, расстояния от автодорожного полотна. В поверхностном (0—5 см) слое почвы на расстоянии 10—15 м от автомагистрали с интенсивностью движения до 10 тыс. транспортных единиц в сутки содержится 600—1000 мг/кг железа, 20 мг/кг цинка, 10 мг/кг свинца, 0,2 мг/кг кадмия. При значительной интенсивности движения машин с бензиновыми двигателями концентрация свинца в почве вдоль автодорог может достигать 300—500 мг/кг, концентрация бенз(а)пирена — 50 мг/кг. К тому же установлено, что бенз(а)пирен содержится не только в поверхностном слое почвы, но и распространяется вглубь (до 2 м), что делает вероятным его поступление в подземные воды. Естественно, что выращивание каких-либо сельскохозяйственных растений вблизи автомагистралей небезопасно для здоровья населения вследствие их загрязнения тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном.

Радиоактивное загрязнение почвы вследствие испытаний ядерного оружия и аварий на ядерных реакторах. Авария на ЧАЭС привела к загрязнению почвы радионуклидами значительной части территории: загрязнено свыше 4,6 млн га, в том числе 3,1 млн га пахотных земель.

К территориям, пострадавшим от радиоактивного загрязнения относят местности, на которых возникло стойкое загрязнение почвы радиоактивными веществами, превышающее доаварийный уровень. По уровням плотности загрязнения почвы нуклидами цезия, стронция и плутония выделены четыре зоны радиоактивного загрязнения: отчуждения, обязательного отселения, гарантированного добровольного отселения, усиленного радиозэкологического контроля. Вследствие загрязнения радионуклидами из пользования изъято 119 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 65 тыс. га пахотных земель.

В настоящее время на радиационно-загрязненных территориях проживают почти 1,8 млн человек. Свыше 150 тыс. лиц (в том числе 60 тыс. детей) получили дозы, выше допустимых. Вследствие аварии на ЧАЭС в Украине пострадало почти 8% населения: 3,2 млн лиц проживают на загрязненной территории, 130 тыс. эвакуированы и отселены из загрязненной территории, 350 тыс. принимали участие в ликвидации аварии. В период 1986—1997 гг. были зарегистрированы 953 случая заболевания раком щитовидной железы у детей и подростков, более 1000 детей признаны инвалидами вследствие заболеваний, связанных с чернобыльской катастрофой. Наблюдается общая тенденция к ежегодному росту заболеваемости пострадавших вследствие аварии взрослых и детей, как в общей, так и по всем классам болезней. За период 1987—1995 гг. заболеваемость среди пострадавших взрослых выросла в 3,8 раза, вдвое увеличилась заболеваемость злокачественными новообразованиями. По отдельным классам болезней заболеваемость значительно превышает показатели у всего населения Украины: болезни системы крови и кроветворных органов — в 2,4 раза, эндокринной системы — в 1,7 раза, органов пищеварения — на 39,8%, системы кровообращения — на 36,4%. Послеаварийная динамика показателей заболеваемости и смертности детей и подростков (возраст от 0 до 14 лет) отражает четкую тенденцию к опережающему ухудшению здоровья пострадавшие-

го детского населения. Если среди всех детей Украины общая и первичная заболеваемость за период 1987—1995 гг. снизились (на 15,0 и 20,8% соответственно), то среди пострадавших увеличилась: общая — в 2,4 раза, первичная — в 2,5 раза.

Таким образом, загрязнение почвы экзогенными химическими веществами приводит к образованию искусственных техногенных биогеохимических провинций, в которых опосредованно, через контактирующие с почвой среды (питьевую воду, продукты питания, атмосферный воздух), формируется повышенная химическая нагрузка на организм человека, опасная для его здоровья. Чтобы люди имели безопасные в химическом отношении пищевые продукты, питьевую воду, атмосферный воздух и не нарушался процесс самоочищения в почве, необходимо ограничить (регламентировать) поступление химических веществ в почву до определенных концентраций. Сегодня такими критериями поступления экзогенных химических веществ в почву являются их ПДК, на соблюдении которых и основываются все меры по санитарной охране почвы.

Показатели санитарного состояния почвы и их гигиеническое значение

Санитарное состояние почвы — это совокупность ее физических, физико-химических и биологических свойств, определяющих безопасность почвы в эпидемическом и химическом отношении. Оценка санитарного состояния почвы, уровня ее загрязнения и степени опасности для здоровья людей основывается на результатах лабораторных исследований: санитарно-физических, санитарно-химических, физико-химических, санитарно-микробиологических, санитарно-гельминтологических, санитарно-энтомологических и радиометрических. Комплекс критериев, дающий возможность оценить качество почвы, называют показателями санитарного состояния почвы. Классификация показателей санитарного состояния почвы приведена в табл. 49.

Все показатели санитарного состояния почвы можно разделить на прямые и косвенные (непрямые). *Прямые показатели* дают возможность непосредственно по результатам лабораторного исследования почвы оценить уровень ее загрязнения и степень опасности для здоровья населения (табл. 50). По *косвенным показателям* можно сделать выводы о факте существования загрязнения, его давности и продолжительности путем сравнения результатов лабораторного анализа исследуемой почвы с чистой контрольной почвой того же типа (имеющей одинаковый природный состав с опытной), отобранной с незагрязненных территорий.

Большинство санитарно-химических показателей эпидемической безопасности почвы являются косвенными. Непосредственно оценить степень загрязнения и опасности почвы можно лишь по величине санитарного числа Хлебникова. Это отношение содержания азота гумуса к общему органическому азоту, который состоит из азота гумуса и азота чужеродных для почвы органических

Классификация показателей санитарного состояния почвы

Группа показателей	Показатель
Санитарно-физические	Механический состав, коэффициент фильтрации, капиллярность, влагоемкость, абсолютная и гигроскопическая влажность
Физико-химические	Активная реакция (рН), емкость поглощения, сумма поглощенных оснований
Показатели химической безопасности: химические вещества природного происхождения	Фоновое содержание валовых и подвижных форм макро- и микроэлементов незагрязненной почвы
химические вещества антропогенного происхождения (показатели загрязнения почвы ЭХВ)	Остаточное количество пестицидов, валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка, содержание подвижных форм тяжелых металлов, нефти и нефтепродуктов, сернистых соединений, канцерогенных веществ (бенз(а)пирена) и др.
Показатели эпидемической безопасности: санитарно-химические	Общий органический азот, санитарное число Хлебникова, азот аммиака, нитритов и нитратов, органический углерод, хлориды, окисляемость почвы
санитарно-микробиологические	Общее число почвенных микроорганизмов, микробное число, титр бактерий группы кишечной палочки (коли-титр), титр-анаэробов (перфрингенс-титр), патогенные бактерии и вирусы
санитарно-гельминтологические	Количество яиц геогельминтов
санитарно-энтомологические	Количество личинок и куколок мух
Показатели радиационной безопасности	Активность почвы
Показатели самоочищения почвы	Титр и индекс термофильных бактерий

веществ, загрязняющих почву. Если почва чистая, то санитарное число Хлебникова равно 0,98—1 (табл. 50). Другие санитарно-химические показатели исследуемой почвы оценивают путем сравнения с аналогичными показателями контрольной незагрязненной почвы.

О свежем загрязнении свидетельствуют высокое содержание общего органического азота, органического углерода, хлоридов, окисляемость в исследуемой почве по сравнению с контрольной почвой. Повышенное содержание аммиака, нитритов и нитратов свидетельствует о процессах самоочищения почвы от азотсодержащих органических веществ. Значительное содержание общего органического азота, органического углерода и повышенная окисляемость исследуемой почвы при условии одинакового количества в исследуемой и контрольной почве аммиака, нитритов и нитратов свидетельствует о свежем загрязнении почвы и торможении процессов минерализации.

Если количество общего органического азота и органического углерода в почве опытного участка не превышает их содержания в почве контрольного участка, то исследуемую почву оценивают как чистую. Наличие в такой почве

ТАБЛИЦА 50

Шкала оценки санитарного состояния почвы *

Степень опасности	Степень загрязнения	Показатели эпидемической опасности						Показатель загрязнения ЭХВ — кратность превышения ПДК	Показатель радиационной безопасности — активность почвы	Показатель самоочищения — титр термофилов
		Коли-титр	Титр анаэробов	Количество яиц гельминтов в 1 кг	Количество личинок и куколок мух на 0,25 м ²	Санитарное число Хлебникова				
Безопасная	Чистая	1,0 и выше	0,1 и выше	0	0	0,98—1,0	< 1	Естественный уровень	0,01—0,001	
Относительно безопасная	Слабо загрязненная	1,0—0,01	0,1—0,01	До 10	Единичные экземпляры	0,86—0,98	1—10	Превышение естественного уровня в 1,5 раза	1,001—0,00002	
Опасная	Загрязненная	0,01—0,001	0,01—0,00001	11—100	10—25	0,70—0,86	11—100	Превышение естественного уровня в 2 раза	0,00002—0,00001	
Чрезвычайно опасная	Сильно загрязненная	0,001 и ниже	0,0001 и ниже	Свыше 100	25 и более	< 70	> 100	Превышение естественного уровня в 3 раза	< 0,00001	

* При условии отбора проб почвы с глубины 0—20 см.

нитратов и хлоридов в повышенных количествах указывает на давнее загрязнение и на завершение процессов минерализации органического вещества.

Санитарно-микробиологические, санитарно-гельминтологические и санитарно-энтомологические показатели эпидемической безопасности, в отличие от санитарно-химических, являются прямыми, т. е. дают возможность непосредственно оценить степень загрязнения и опасности почвы (табл. 50). Кроме того, по ним можно оценить давность загрязнения. Так, для свежего загрязнения характерны увеличение микробного числа и количества жизнеспособных недеформированных яиц геогельминтов, уменьшение коли-титра и перфрингенс-титра почвы с обязательным превалированием неспорообразующих форм микроорганизмов. Превалирование клостридиальных форм и наличие деформированных яиц аскарид свидетельствуют о давнем загрязнении почвы.

Показатели химической безопасности почвы в большинстве случаев являются прямыми и дают возможность не только оценить степень загрязнения почвы ЭХВ, но и решить проблему адекватной оценки состояния здоровья населения под влиянием загрязняющих почву ЭХВ. Решение этой проблемы приобретает сегодня особую актуальность из-за ухудшения состояния окружающей среды и снижения уровня здоровья населения Украины в последние годы.

Изучение влияния загрязнения почвы ЭХВ на состояние здоровья населения проводится путем специальных эпидемиологических исследований и математико-статистического многофакторного моделирования в системе окружающая среда — здоровье. По санитарному состоянию почвы, еще до изучения показателей, характеризующих здоровье населения, можно с достаточной вероятностью прогнозировать влияние загрязнения почвы на здоровье людей.

Оценка санитарного состояния почвы по уровню загрязнения ЭХВ основывается на определении фактического содержания ЭХВ в почве и его сравнении с ПДК. Причем особое внимание уделяют ЭХВ 1-го и 2-го классов опасности (чрезвычайно и высокоопасным веществам). Согласно оценочной шкале, к чистым почвам относятся такие, в которых содержание ЭХВ не превышает ПДК, к слабозагрязненным — при содержании ЭХВ в пределах от 1 до 10 ПДК; к загрязненным — при превышении ПДК ЭХВ в 11—100 раз и к очень загрязненным — при превышении ПДК больше чем в 100 раз (табл. 51). По степени загрязнения почвы определяют степень ее опасности для здоровья населения.

Для количественной оценки степени загрязнения почвы ЭХВ можно использовать вместо ПДК показатель БОК для данного климатоландшафтного региона. Обычно БОК для наиболее распространенных в Украине дерново-подзолистых почв составляет 1/2 ПДК. Поэтому можно руководствоваться приведенной шкалой (табл. 51).

В зависимости от содержания в почве ЭХВ 1-го и 2-го классов опасности можно сделать ориентировочный прогноз относительно ее вероятного влияния на состояние здоровья населения. Зависимость состояния здоровья населения от уровня загрязнения почвы вытекает из двух положений. Во-первых, количество ЭХВ мигрирующих из почвы в атмосферный воздух, даже в экстремальных

ТАБЛИЦА 51

Шкала оценки степени загрязнения почвы ЭХВ

Степень загрязнения почвы	Степень опасности для здоровья	Кратность превышения ПДК	Кратность превышения БОК в дерново-подзолистых почвах
Чистая	Безопасная	< 1	< 1
Слабо загрязненная	Относительно безопасная	1—10	1—20
Загрязненная	Опасная	11—100	21—200
Сильно загрязненная	Чрезвычайно опасная	> 100	> 200

ТАБЛИЦА 52

Ориентировочная шкала оценки состояния здоровья населения в зависимости от уровня загрязнения почвы ЭХВ

Изменения в состоянии здоровья населения	Уровень превышения ПДК ЭХВ в почве	Уровень превышения БОК ЭХВ в дерново-подзолистой почве
Минимальные физиологические сдвиги	< 4	< 8
Значительные физиологические сдвиги	4—10	8—20
Повышение заболеваемости по отдельным нозологическим формам и группам болезней	11—119	21—239
Хронические отравления	120—199	240—399
Острые отравления	200—999	400—1999
Смертельные отравления	> 1000	> 2000

условиях составляет лишь 20—25% от содержащихся в почве. Во-вторых, минимальные физиологические нарушения в организме человека наблюдаются при содержании ЭХВ в атмосферном воздухе в пределах 2—3 ПДК; существенные — при 4—7 ПДК, а уровни в 8—10 ПДК приводят к повышению заболеваемости соответствующей популяции. При содержании ЭХВ в воздухе до 100 ПДК наблюдаются острые отравления, а при превышении их в 500 раз — летальные исходы. С учетом этого разработана ориентировочная шкала оценки состояния здоровья населения в зависимости от уровней загрязнения почвы ЭХВ (табл. 52).

Необходимо отметить, что на практике загрязнение почвы ЭХВ в концентрациях, вызывающих смертельные отравления, в основном не встречается. Если, например, ПДК гексахлорциклопексана (ГХЦГ) в почве составляет 0,1 мг/кг, то в реальных почвенно-климатических условиях смертельно опасная концентрация этого препарата будет равняться 1000 ПДК, т. е. 100 мг/кг, или 300 кг/га, а норма применения ГХЦГ в аграрной практике составляет всего 3 кг/га.

Иногда при определенных метеорологических условиях (антициклон, приземная температурная инверсия, скорость движения воздуха, приближающаяся к штилю, температура воздуха 20 °С, влажность воздуха 100%, ясная солнечная погода, дожди накануне, интенсивность УФ-радиации 2700 мкВт/мин на 1 см²) в весенне-летний период наблюдались случаи острого и хронического

Оценочная шкала уровней радиоактивного загрязнения почвы

Характер почвы	Активность почвы, Ки/ км ²	Оценка загрязнения
Не содержит искусственных радионуклидов	0,5—2	Уровень естественной радиоактивности
Содержит искусственные радионуклиды	1	Чистая
	1—5	Условно чистая
	5—15	Умеренно загрязненная
	15-40	Загрязненная
	40—100	Сильно загрязненная

отравления сельскохозяйственных работников на полях при незначительном содержании ЭХВ в почве (не более 4 ПДК, или 8 БОК). Это связывали с действием токсических высоколетучих метаболитов пестицидов — фосгена, дифосгена, хлорциана, хлорида, фторида, цианида водорода и др. Было доказано, что они могут образовываться как в почве при определенных почвенно-климатических условиях вследствие биотрансформации и взаимодействия с компонентами азотных минеральных удобрений, так и в приземном слое атмосферного воздуха вследствие фотохимических превращений. Кроме того, выяснилось, что указанные выше метеорологические условия способствуют образованию токсического тумана на сельскохозяйственных полях, который также является причиной острых отравлений даже при сравнительно невысоком содержании ЭХВ в почве. Механизм формирования токсического тумана описан ранее (с. 375).

Приведенная методика оценки возможного влияния почвы на состояние здоровья населения дает возможность ориентировочно оценивать здоровье жителей определенной зоны наблюдения лишь на основании результатов лабораторного анализа почвы, без специальных исследований состояния здоровья.

Уровни радиоактивного загрязнения почвы в условиях последствия чернойбыльской катастрофы оценивают по гигиеническим регламентам, разработанным Национальной комиссией радиационной защиты населения (табл. 53).

Пригодными для проживания населения и сельскохозяйственного производства без ограничений считают: во-первых, территории, почвы которых не содержат искусственных радионуклидов, а естественная радиоактивность почвы находится в пределах 0,5—2 Ки/км²; во-вторых, территории, загрязненные искусственными радионуклидами при условии, что активность почвы не превышает 1 Ки/км². Почвы, загрязненные искусственными радионуклидами, активность которых составляет от 1 до 5 Ки/км², признают условно чистыми, пригодными для проживания лишь ограниченной части населения (категория Б согласно классификации норм радиационной безопасности НРБ-97). При таком уровне загрязнения радионуклидами количество пищевых продуктов местного производства не должно превышать границы годового поступления для этой категории населения. Умеренно загрязненные почвы (активность 5—15 Ки/км²) пригодны для проживания населения и сельскохозяйственного производства лишь при условии проведения специальных агрохимических

и агромелиоративных работ при контроле за радиоактивностью объектов окружающей среды. При этом доза облучения населения не должна превышать пожизненно допустимой — 35 бэр. Загрязненные почвы (активность 15—40 Ки/км²) можно использовать для проживания населения лишь при условии обеспечения чистыми пищевыми продуктами. Если почвы очень загрязнены (активность 40—100 Ки/км²), проживать населению не рекомендуется.

Методика гигиенической оценки санитарного состояния почвы. "Прочсть" анализ почвы — это значит дать обоснованное гигиеническое заключение о степени загрязнения почвы и ее безопасности для здоровья людей на основании данных санитарного обследования и результатов лабораторного анализа. При составлении заключения по санитарной оценке почвы целесообразно пользоваться схемой (алгоритмом), которая предусматривает 6 следующих этапов.

На / *этапе* врач определяет цель и задачи. Так, осуществляя предупредительный государственный санитарный надзор во время отведения земельных участков под новые населенные пункты, врач должен дать гигиеническую оценку санитарного состояния естественной почвы. Во время текущего государственного санитарного надзора необходимо оценить санитарное состояние искусственно созданной почвы на земельных участках жилых и общественных зданий, детских и спортивных площадках. При неблагоприятной эпидемической ситуации следует определить, не является ли почва фактором распространения патогенных микроорганизмов. Иногда, выясняя причину острых и хронических отравлений, необходимо определить степень загрязнения почвы токсическими химическими веществами (пестицидами, тяжелыми металлами и т. п.). Санитарное состояние почвы изучают также и для оценки эффективности санитарной очистки территории города от бытовых отходов, во время текущего санитарного надзора за очистными сооружениями канализации и сооружениями по утилизации и обезвреживанию твердых бытовых отходов.

На // *этапе* в зависимости от поставленных задач врач определяет объем исследований. Так, для гигиенической оценки санитарного состояния естественной почвы земельных участков, которые отводят под новые населенные пункты, должен быть проведен полный санитарный анализ, т. е. анализ по всем показателям: санитарно-физическим, физико-химическим, показателям химической, эпидемической и радиационной безопасности (определение механического состава, абсолютной и гигроскопической влажности, содержания общего органического азота, санитарного числа Хлебникова, уровня азота, аммиака, нитритов и нитратов, органического углерода, хлоридов, кислотности почвы, содержания валовых и подвижных форм природных макро- и микроэлементов, вредных химических веществ, в том числе остаточного количества пестицидов, концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка, канцерогенных и радиоактивных веществ, микробного числа, титра бактерий группы кишечной палочки, титра анаэробов, количества яиц геогельминтов, личинок и куколок мух).

Для гигиенической оценки санитарного состояния искусственно созданной почвы населенных пунктов при условии благоприятной эпидемической ситуа-

ции целесообразно проводить исследования по схеме сокращенного санитарного анализа: определение абсолютной и гигроскопической влажности, санитарного числа Хлебникова, содержания хлоридов, окисляемости почвы, микробного числа, титра бактерий группы кишечной палочки, титра анаэробов, количества яиц геогельминтов, личинок и куколок мух. При неблагоприятной эпидемической ситуации в схеме полного или сокращенного санитарного анализа необходимо выполнить исследования по содержанию в почве патогенных бактерий и вирусов.

Устанавливая причину острых и хронических отравлений, для определения степени загрязнения почвы токсическими химическими веществами достаточно определить механический состав, абсолютную и гигроскопическую влажность и содержание вредных веществ в почве (пестицидов, тяжелых металлов, мышьяка и др.).

Для оценки эффективности работы сооружений по очистке и обеззараживанию сточных вод, жидких и твердых бытовых отходов достаточно определить коли-титр и количество жизнеспособных яиц гельминтов.

На *III этапе* проверяют полноту представленных материалов, т. е. контролируют наличие данных санитарного обследования (санитарно-топографического, санитарно-технического, санитарно-эпидемического), оценивают схемы отбора проб почвы, способы их подготовки к анализу, сроки выполнения анализов, условия хранения проб, контролируют наличие результатов лабораторного анализа почвы согласно программе исследований.

Данные санитарного обследования должны содержать санитарно-топографическую характеристику земельного участка (рельеф местности, уровень и направление движения грунтовых вод, размер участка, характер почвы, степень озеленения, расположение источников загрязнения), санитарно-техническое описание состояния объектов, которые могут повлиять на степень загрязнения почвы (перечень объектов, вероятность их влияния на качество почвы, характер загрязнения и его продолжительность, режим эксплуатации участка, механизм загрязнения), характеристику санитарно-эпидемических условий (заболеваемость населения и домашних животных, данные ведомственных лабораторий о загрязнении смежных с почвой сред — воды поверхностных и подземных источников, продуктов растительного и животного происхождения местного производства).

На *IV этапе* анализируют данные санитарного обследования: а) санитарно-топографическую характеристику участка; б) санитарно-техническую характеристику объектов, влияющих на состояние участка, и характер их использования; в) санитарно-эпидемическую ситуацию. По данным санитарного обследования можно судить о потенциальных источниках загрязнения почвы, возможных путях миграции и местах локализации загрязнений, т. е. определить, существуют ли основания подозревать, что почва может быть загрязнена ЭХВ или быть фактором передачи инфекционных заболеваний. На основании данных санитарного обследования врач делает предварительное заключение о качественной характеристике исследуемого земельного участка и ожидаемой степени загрязнения почвы.

На *V этапе* оценивают результаты лабораторного анализа почвы по всем показателям, предусмотренным программой исследований: санитарно-физическим, физико-химическим, показателям химической, эпидемической и радиационной безопасности. По непрямым показателям путем сравнения исследуемого участка с контрольным (чистым) делают заключение о факте существования загрязнения, его давности и продолжительности. По прямым показателям, руководствуясь шкалой оценки санитарного состояния почвы (см. табл. 50), оценивают уровень загрязнения почвы и степень ее опасности для здоровья населения, т. е. дают количественную оценку степени загрязнения.

На *VI этапе* на основании данных санитарного обследования и результатов лабораторного анализа врач делает общее заключение о санитарном состоянии почвы, степени ее загрязнения и опасности для здоровья населения (см. табл. 51, 52). Предлагает меры по предотвращению дальнейшего ухудшения санитарного состояния почвы и пути его улучшения.

Мероприятия по санитарной охране почвы

Особенности источников загрязнения почвы, их качественная и количественная характеристики определяют тактику санитарного врача при проведении мероприятий по санитарной охране почвы.

Санитарная охрана почвы — это комплекс мероприятий (организационных, законодательных, технологических, гигиенических или научных, санитарных, санитарно-технических, планировочных, землеустроительных, агротехнических), направленных на ограничение поступления в почву механических, химических и биологических загрязнителей до величин, которые не нарушают процессов самоочищения почвы, не приводят к накоплению в выращиваемых растениях вредных веществ в количествах, опасных для здоровья людей и животных, не приводят к загрязнению атмосферного воздуха, поверхностных и подземных водоемов, а также не ограничивают использование почвы в сельском хозяйстве.

Цель санитарной охраны почвы состоит в сохранении такого ее качества, при котором почва не являлась бы фактором передачи заразных для человека и животных заболеваний и не приводила бы к прямому или опосредованному при поступлении ЭХВ по экологическим цепочкам (почва — растение — человек; почва — растение — животное — человек; почва — атмосферный воздух — человек; почва — вода — человек и др.), острому или хроническому отравлению с возможными отдаленными последствиями.

Мероприятия по санитарной охране почвы можно подразделить на:

- 1) законодательные, организационные и административные;
- 2) технологические, направленные на создание безотходных и малоотходных технологических схем производства, уменьшающих или снижающих до минимума образование отходов, а также улучшающих технологию обезвреживания отходов;

3) санитарно-технические, предусматривающие сбор, удаление, обеззараживание и утилизацию отходов, загрязняющих почву (санитарная очистка населенных мест);

4) планировочные, сущность которых заключается в выборе земельных участков для строительства очистных сооружений, научного обоснования и соблюдения величины санитарно-защитных зон (СЗЗ) между очистными сооружениями и селитебной территорией населенного пункта, жилыми и общественными зданиями и местами водозабора, выборе схем движения спецавтотранспорта;

5) научные, направленные на разработку гигиенических нормативов для оценки санитарного состояния почвы при поступлении органических, биологических (патогенные и условно-патогенные вирусы, бактерии, простейшие, яйца гельминтов) и химических (пестициды, тяжелые металлы, бенз(а)пирен и др.) загрязнителей.

Санитарно-технические мероприятия (санитарная очистка населенных мест) — это комплекс мероприятий, направленных на выполнение гигиенических требований к оборудованию и эксплуатации установок и сооружений, предназначенных для сбора, временного хранения, транспортировки, обезвреживания и утилизации твердых и жидких бытовых и промышленных отходов.

Все отходы делятся на две большие группы: жидкие и твердые. К жидким отходам относятся: 1) нечистоты из выгребов туалетов; 2) помои (от приготовления пищи, мытья посуды, полов, стирки белья и др.); 3) сточные воды — хозяйственно-фекальные (бытовые), промышленные, городские, атмосферные (ливневые и талые), а также грязная вода от мойки и полива тротуаров и проезжих частей улиц.

К твердым отходам относятся: 1) мусор (бытовые отходы); 2) отбросы (кухонные отходы); 3) отходы лечебно-профилактических учреждений (в том числе специфические — использованный перевязочный материал, одноразовые системы для инфузий и шприцы, остатки лекарств, части органов и тканей после операций, трупы лабораторных животных и др.); 4) отходы от других общественных учреждений (школ, детских дошкольных, средних и высших учебных заведений, офисов и др.); 5) отходы предприятий общественного питания; 6) отходы животного происхождения (трупы животных, навоз, пищевые конфискаты); 7) отходы предприятий торговли; 8) отходы промышленных предприятий; 9) шлаки котельных; 10) строительный мусор, городская почва; 11) уличный смет. Каждая группа отходов отличается условиями образования, качественным и количественным составом, определяющими гигиеническое и эпидемиологическое значение отходов, их опасность в отношении загрязнения почвы и ухудшения ее санитарного состояния. Поэтому каждая группа отходов специфична и требуются разные способы и сооружения для их сбора, временного хранения, своевременного удаления и, особенно, обезвреживания и утилизации. Даже отходы одной группы, иногда требуют специфических подходов и решений по их сбору, транспортировке и обезвреживанию.

Различают три системы удаления отходов, образующихся и накапливающихся в населенном пункте: сплавную, вывозную и смешанную.

Сплавную систему применяют в полностью канализованных населенных пунктах, в которых жидкие и частично твердые отходы сплавляются на очистные сооружения по системе труб. Такой способ удаления жидких и частично твердых отходов получил название канализации. Остальные твердые отходы вывозят специальным автотранспортом.

Вывозную систему используют в неканализованных населенных пунктах. В этом случае жидкие и твердые бытовые отходы вывозят в места их обезвреживания и утилизации специальным автотранспортом. Такой способ удаления (вывоза) твердых отходов получил название санитарной очистки, а жидких — ассенизации (от фр. *assénisation* — оздоровление).

Смешанную систему применяют в частично канализованном населенном пункте. При такой системе жидкие отходы из канализованной части населенного пункта удаляют при помощи канализационной сети, из неканализованной — вывозят ассенизационным транспортом, а все твердые отходы вывозят транспортом для санитарной очистки. Таким образом, при всех системах удаления отходов во всех населенных пунктах твердые отходы вывозят, т. е. применяют вывозную систему санитарной очистки. "

В современных населенных пунктах при наличии канализации все жидкие отходы сплавляют. После обезвреживания они попадают главным образом в поверхностные водоемы. При вывозной системе жидкие и твердые отходы обезвреживают преимущественно в почве. Поэтому вопросы гигиенических требований при сборе, удалении, обезвреживании и утилизации жидких и, частично, мелких твердых отходов при сплавной системе (канализации) рассмотрены в разделе, посвященном санитарной охране водоемов. Такие же вопросы в условиях вывозной системы освещены в разделе, посвященном санитарной охране почвы.

Санитарная очистка населенных мест. Для устранения эпидемиологической и санитарной опасности твердых отходов применяют комплекс научно обоснованных мероприятий — *санитарную очистку населенных мест*. Под санитарной очисткой населенных мест понимают комплекс планировочных, организационных, санитарно-технических и хозяйственных мероприятий по сбору, временному хранению, вывозу (транспортировке), обезвреживанию и утилизации твердых и жидких отходов, образующихся в населенных местах, в целях сохранения здоровья населения и общего благоустройства. Очистка населенных мест должна осуществляться в соответствии с проектом "Генеральной схемы очистки". Проект разрабатывает проектная организация, согласовывает с органами государственной санитарно-эпидемиологической службы. Утверждают его местные органы исполнительной власти.

Санитарная очистка населенного пункта должна быть плановой и не зависеть от отдельных лиц или учреждений. Кроме того, она должна быть регулярной. Отходы вывозят в теплый период года ежедневно, а в холодный — 1 раз в 1—3 сут. Максимальный срок хранения отходов на территории жилых и общественных зданий, в которых они образуются, обусловлен развитием процессов гниения и циклом развития мух, так как именно гниющие отходы привлекают

самок мух для откладывания яиц и являются благоприятной средой для их развития.

Санитарная очистка должна быть коммунальной: ее организация возложена на местные органы исполнительной власти. За сбор, временное хранение и удаление твердых бытовых отходов отвечают органы коммунального хозяйства (комбинаты коммунальных предприятий или тресты), за соблюдение порядка при этом — органы милиции. Санитарно-эпидемиологическая служба осуществляет главным образом предупредительный надзор за первыми этапами очистки, проводя экспертизу проектов генеральной схемы санитарной очистки населенных мест. Санитарный врач не обязан постоянно следить за порядком сбора, временного хранения и своевременного вывоза отходов. В случае повышения уровня инфекционной заболеваемости населения санитарный врач должен обратиться с предложениями к органам власти по улучшению санитарного состояния населенного пункта, предварительно ознакомившись с организацией сбора, хранения и вывоза отходов, чтобы располагать объективным фактическим материалом. Кроме того, врач по коммунальной гигиене, изучая влияние санитарного состояния почвы на здоровье населения, должен оценить организацию сбора, хранения и вывоза отходов в населенном пункте в целом.

В большинстве стран мира принята *планово-регулярная система* очистки от твердых бытовых отходов. Суть ее состоит в том, что организация, отвечающая за очистку, регулярно, согласно утвержденному графику, в сроки, определенные санитарными требованиями, вывозит специальным автотранспортом отходы с территорий жилых и общественных зданий. Проведение планово-регулярной очистки нуждается в большой подготовительной работе и паспортизации объектов.

Очистка населенных мест от твердых бытовых отходов предусматривает 3 этапа: сбор и временное хранение твердых бытовых отходов; вывоз; обезвреживание и утилизацию. В зависимости от организации двух первых этапов различают две системы планово-регулярной очистки: *планово-подворную* и *планово-поквартирную*. При *планово-подворной системе* твердые бытовые отходы собирают в специальные мусоросборники, расположенные на оборудованных площадках на территории домовладений, а затем специальным автотранспортом по графику (1 раз в 1—3 сут) вывозят в места их обезвреживания и утилизации. Такая система требует отведения на территории жилых и общественных зданий площадок для временного хранения отходов, их соответствующего оборудования, достаточного количества мусоросборников, содержания их в надлежащем состоянии. При нарушении герметичности мусоросборников, отсутствии у них крышек, несвоевременном вывозе отходов, небрежной уборке площадок загрязняются атмосферный воздух и почва вокруг площадок, в мусоросборники попадают атмосферные осадки, повышая влажность отходов. Иногда для устранения этих недостатков оборудуют павильоны.

При *планово-поквартирной системе* отходы собирают в квартирах. Жители выносят их в определенное время к мусоровозам. При этом на территории жилых зданий специальная площадка для мусоросборников отсутствует, что ухудшает санитарное состояние земельного участка. Такие условия создают

некоторые неудобства для населения (четко определенное время), что может привести к накоплению бытовых отходов в помещениях. Кроме того, эта система целесообразна только при условии наличия одно-, двухэтажных зданий. На многоэтажных массивах ее не используют.

Сбор твердых бытовых отходов. Сбор твердых бытовых отходов можно осуществлять при помощи мусоропроводов, квартирных, дворовых и уличных мусоросборников и контейнеров.

Мусоропроводы предусмотрены в жилых зданиях, имеющих более 5 этажей. Они самые удобные. Основными элементами мусоропроводов является вертикальный ствол круглого сечения диаметром 400—600 мм, загружающие клапаны и мусороприемная камера. Вход в мусороприемную камеру изолируют от входа в здание. Полы в камере должны быть на одном уровне с асфальтом. Мусороприемная камера должна иметь достаточное количество контейнеров для мусора, поступающего из вертикального ствола. Не ранее чем за 1 ч до прибытия специализированного автотранспорта мусоросборники выставляют за пределы камеры. Все элементы мусоропроводов должны быть исправными, грузочные клапаны оснащены герметичными крышками. Один раз в неделю стволы мусоропроводов необходимо чистить, промывать и дезинфицировать растворами лизола (5—8%), фенола (3—5%), нефтелизола (10—15%), креолина (5—8%), натрия метасиликата (1—3%) в течение 30 мин.

Дворовые мусоросборники представляют собой металлические емкости объемом 80, 100 и 120 л или 600 и 700 л с крышками, или металлические контейнеры. Мусоросборники устанавливают на специальных площадках с водонепроницаемым покрытием (асфальт, бетон) или в павильонах с удобным подъездом для специализированного автотранспорта. Площадки и павильоны размещают на расстоянии не менее 20 и не более 100 м от жилых зданий, мест отдыха, детских учреждений. Желательно, чтобы они были отгорожены зелеными насаждениями.

Для сбора твердых бытовых отходов используют методы "стационарной" и "сменной" посуды. При методе "стационарной" посуды дворовые мусоросборники опорожняют в мусоровозы и ставят на прежнее место. Летом один раз в 10 сут их следует промывать водопроводной водой. При методе "сменной" посуды мусоросборники (контейнеры) вместе с твердыми отходами вывозят контейнеровозами в места обеззараживания, а взамен оставляют пустые чистые (промытые водопроводной водой) мусоросборники. Метод "сменной" посуды с гигиенической точки зрения имеет значительные преимущества, но требует наличия двойного комплекта мусоросборников (контейнеров).

Вывоз, транспортировка твердых бытовых отходов. Для вывоза мусора и других твердых отходов используют специальные автомашины — мусоровозы. В зависимости от вида обслуживаемых мусоросборников применяют специализированные мусоровозы. При использовании метода "стационарной" посуды используют мусоровозы 93/М, 53/М, КО-404, КО-413 и др., "сменной" — контейнеровозы М-30. Их монтируют на шасси грузовых автомашин ГАЗ-93а, ГАЗ-53, МАЗ-500А.

Новым методом удаления твердых отходов является их транспортировка системами пневматического удаления мусора по трубопроводам. Но этот метод в странах СНГ используют весьма ограниченно (район Северное Чертаново в Москве, Онкологический научный центр Российской АМН).

Обезвреживание твердых бытовых отходов. Обезвреживание твердых бытовых отходов является наиболее важным элементом системы санитарной очистки населенных мест, так как именно на этом этапе отходы превращают в безвредный в эпидемическом и санитарном отношении субстрат. При неправильном оборудовании и эксплуатации очистных сооружений может ухудшиться эффективность обезвреживания твердых бытовых отходов и возникнуть условия для загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, почвы прилегающих территорий, поверхностных и подземных вод) в месте их расположения. Поэтому очистные сооружения для обезвреживания твердых отходов являются одним из обязательных коммунальных объектов, за которыми врач медико-профилактической специальности должен осуществлять предупредительный и текущий государственный санитарный надзор, контролировать эффективность обезвреживания отходов.

Все методы и способы обезвреживания твердых отходов должны отвечать следующим основным гигиеническим требованиям.

1. Обеспечивать надежное обезвреживание, т. е. отходы должны превращаться в безвредный в эпидемиологическом и санитарном отношении субстрат. Твердые бытовые отходы эпидемически чрезвычайно опасны. Их количество составляет 10^6 — 10^7 , титр анаэробов — 10^5 — 10^6 , микробное число достигает десятков и сотен миллиардов. В бытовых отходах наряду с санитарно-показательными микроорганизмами содержатся возбудители различных инфекционных болезней — патогенные и условно-патогенные бактерии, вирусы, яйца гельминтов. Особенно опасны отходы лечебно-профилактических учреждений, которые примерно в 10—100 раз более контаминированы микроорганизмами, чем бытовые.

2. Обеспечивать быстрое обезвреживание. Чем быстрее обезвреживаются отходы, тем лучше. Идеальным считается метод, который дает возможность обезвредить отходы за такой же период, в течение которого они образуются.

3. Твердые бытовые отходы являются самой благоприятной средой для развития мух, в частности домашней (*Musca domestica*), являющейся механическим переносчиком бактериальных загрязнений с отходов на пищевые продукты и предметы быта. Именно поэтому метод должен предотвратить откладывание яиц и развитие личинок и куколок мух как в отходах во время обезвреживания, так и в обезвреженном субстрате.

4. Предотвратить доступ грызунов в процессе обезвреживания отходов и превращения их в субстрат, неблагоприятный для жизни и развития животных.

5. Твердые бытовые отходы содержат значительное количество органических веществ (до 80%), из которых 20—30% в теплый период года легко загнивают, выделяя при этом зловонные газы: сероводород, индол, скатол и меркаптаны. Поэтому органические соединения, содержащиеся в твердых бытовых

отходах, должны быстро превращаться в вещества, которые не загнивают и не загрязняют воздух.

6. В процессе обезвреживания отходов не должны загрязняться поверхностные и подземные воды.

7. Давать возможность максимально и безопасно для здоровья людей использовать полезные свойства твердых бытовых отходов, содержащих до 6% утиля. Во время их сжигания можно получать тепловую энергию, при биотермической переработке — органические удобрения, а пищевые отходы использовать для откорма животных.

Таким образом, метод обезвреживания твердых бытовых отходов должен обеспечивать быстрое и надежное превращение их в эпидемически безопасный субстрат, лишенный возможности размножения в нем мух и грызунов и пригодный для использования в качестве удобрения, и при этом не создавать опасности для здоровья населения, не загрязнять атмосферный воздух, поверхностные и подземные водоемы. В настоящее время существует свыше 20 таких методов и почти каждый из них имеет 5—10 разновидностей технологических схем и типов сооружений.

По конечному результату все методы обезвреживания твердых бытовых отходов разделяют на две группы: утилизационные (переработка отходов в органические удобрения, биотопливо; выделение вторичного сырья, например металлического лома, для промышленности; использование в качестве энергетического топлива) и ликвидационные (захоронение в землю, сбрасывание в моря, сжигание без использования тепла). По технологическому принципу методы обезвреживания разделяют на: 1) биотермические (поля запахивания, усовершенствованные свалки, полигоны складирования, поля компостирования, биокамеры, заводы биотермической переработки; в сельской местности в личных хозяйствах — компостные кучи, парники); 2) термические (мусоросжигательные заводы без или с использованием тепловой энергии, которая образуется при этом, пиролиз с получением горючего газа и нефтеподобных масел); 3) химические (гидролиз); 4) механические (сепарация отходов с дальнейшей утилизацией, прессование в строительные блоки); 5) смешанные.

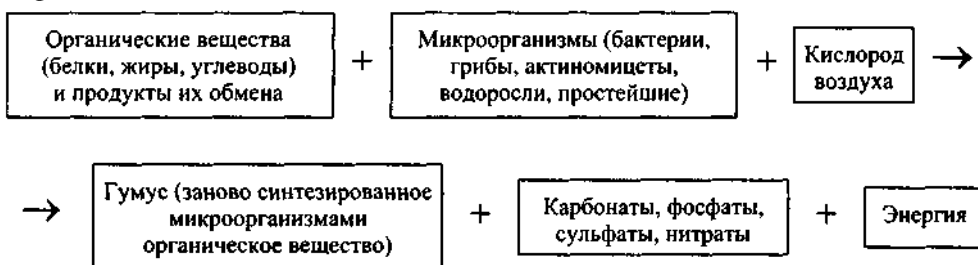
Самыми распространенными как в мире, так и в странах СНГ, являются биотермические и термические методы обезвреживания твердых бытовых отходов. Все большее предпочтение отдают утилизационным методам. Так, в конце XX в. во Франции, Швейцарии, Голландии с помощью биотермических методов с дальнейшим использованием компоста обезвреживали 15% твердых бытовых отходов, в Англии и ФРГ — 5%. На мусоросжигательных станциях ФРГ сжигали ежегодно почти 28% отходов, во Франции — 35%, в странах ЕЭС — в среднем 23%, в Японии — 65%. Причем, приблизительно пятую часть сжигаемых отходов использовали для получения тепла.

Биотермические методы. Классическим почвенно-биологическим методом обезвреживания твердых бытовых отходов является обезвреживание на полях запахивания. Поля запахивания — земельные участки, на поверхность которых толщиной 5—10 см насыпают твердые бытовые отходы (норма нагрузки — 400 т/га), а затем запахивают. Полная минерализация органических

веществ твердых отходов при таких условиях происходит медленно — в течение 2 лет, после чего на этом же поле можно выращивать сельскохозяйственные культуры. Оценивая этот метод, следует отметить, что он все же не отвечает изложенным выше требованиям. Хотя в почве за 2 года при соблюдении норм нагрузки и минерализуется органическая часть отходов, почва загрязняется бумагой, стеклом, металлом, а поверхность участка пригодна для размножения мух. Поэтому метод не нашел широкого применения на практике.

Наиболее распространенными являются биотермические методы, отвечающие всем указанным требованиям, а именно обезвреживание твердых бытовых отходов на полях компостирования, усовершенствованных свалках, в биотермических камерах, а также ускоренные промышленные методы биотермического обезвреживания в установках фирмы "Дано", многоэтажных ферментационных башнях, биотенках, метод капиллярной сушки и др.

В основе биотермического метода обезвреживания твердых бытовых отходов лежит сложный процесс, который схематически можно представить таким образом:

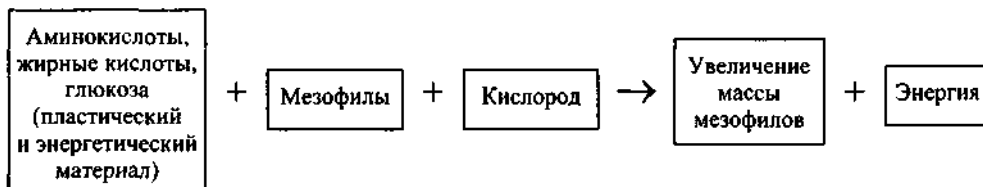


Биотермическое обезвреживание позволяет решить две задачи: 1) разложить сложные органические вещества отходов и продуктов их метаболизма (мочевину, мочевую кислоту и др.) на более простые соединения с тем, чтобы в дальнейшем при помощи специальных микроорганизмов, в присутствии кислорода воздуха, синтезировать новое устойчивое и безопасное в санитарном отношении вещество — гумус; 2) уничтожить вегетативные формы патогенных и условно-патогенных бактерий, вирусы, простейшие, яйца гельминтов, яйца и личинки мух, семена сорняков.

Эти задачи решаются следующим образом. На очистные сооружения или в почву с отходами поступают сложные органические вещества растительного и животного происхождения — белки, жиры и полисахариды, а также продукты их обмена — аминокислоты, мочевина, мочевая кислота, моносахариды (глюкоза) и жирные кислоты. Первый этап (I фаза) биотермического процесса начинается с использования именно этих простых органических веществ, так как через оболочку микроорганизмов большие молекулы белков, жиров и углеводов проникнуть не могут, а проникают лишь их составные части в виде аминокислот, глюкозы, жирных кислот и пр. Такие простые соединения составляют почти 30% органических веществ бытовых отходов. Именно они проникают внутрь микробной клетки через ее оболочку и могут использоваться как энер-

гетический и пластический материал. Таким образом, биотермический процесс обезвреживания отходов начинается с того, что аминокислоты, глюкоза, жирные кислоты животного и растительного происхождения, содержащиеся в отходах, используются некоторыми микроорганизмами как пластический и энергетический материал. В результате указанного процесса выделяется энергия, и температура отходов повышается до 40—45 °С. Именно поэтому I фаза биотермического процесса обезвреживания отходов получила название фазы повышения температуры, а микроорганизмы, которые инициируют этот процесс, — мезофилов.

Схематически / фазу биотермического обезвреживания отходов можно изобразить так:



Когда температура отходов достигает температурного максимума мезофилов (40—45 °С), мезофилы отмирают, и начинается интенсивное развитие другого вида микроорганизмов, с другим температурным максимумом (75 °С), т. е. термофилов. С гигиенической точки зрения эта фаза биотермического процесса представляет наибольший интерес. В ней разложение сложных органических веществ происходит по такой схеме:



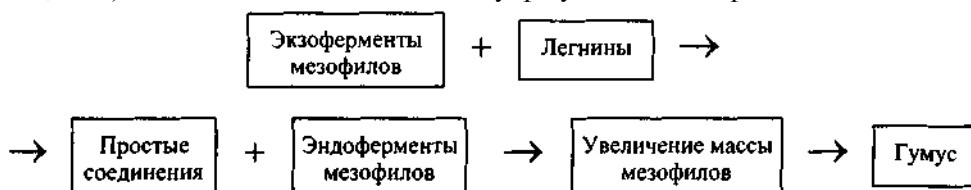
Следовательно, под действием экзоферментов термофилов разрушаются сложные органические молекулы отходов и отмерших мезофилов до простых веществ. Аминокислоты, жирные кислоты, моносахариды термофилы используют как пластический и энергетический материал, что обуславливает увеличение их массы.

// фаза биотермического процесса, в отличие от I фазы, характеризуется стационарно высокой температурой (60—70 °С), которая держится от 1 (при ускоренных промышленных методах биотермического обезвреживания) до 30—60 сут в биокамерах и до 1 года — в компостах. Поэтому эта фаза получила название фазы стационарных температур (фазы биотермического процесса изображены на рис. 66). Продолжительность II фазы процесса гумификации органических веществ отходов может составлять от 1 сут (при искусственно

ускоренных методах биотермической переработки) до 3—4 нед, а иногда и от нескольких месяцев до 1 года (при естественных методах).

В нагретой в результате жизнедеятельности термофилов массе отходов при температуре 70—75 °C гибнут микроорганизмы, в том числе патогенные и условно-патогенные, яйца гельминтов, яйца и личинки мух, семена сорняков. При повышении температуры до 75 °C и ограничении количества органических веществ отходов (вследствие разрушения и использования микроорганизмами) размножение термофилов замедляется, и они начинают отмирать.

Наступает /// фаза биотермического процесса. Отмирание термофилов сопровождается постепенным снижением температуры. Новые температурные условия и ограничение количества легко окисляющихся органических веществ способствуют развитию мезофилов особого вида. Эти мезофилы отличаются от действующих в I фазе тем, что способны расщеплять трудно разрушаемые вещества, — легнины. Схематически эту фазу можно изобразить так:



Сложное органическое вещество, синтезированное мезофила и термофила в I—III фазах биотермического процесса, получило название гумуса, а сам процесс — гумификации. Гумус с трудом, лишь под влиянием некоторых видов почвенных бактерий, поддается процессам минерализации и нитрификации, и поэтому он не способен загнивать, не издает зловония, не привлекает мух, грызунов и является неблагоприятной средой для их развития. Гумус перестает быть объектом внимания гигиенистов и эпидемиологов и приобретает значение лишь с сельскохозяйственной и агрохимической точек зрения — как органическое удобрение.

Скорость и направление течения биохимических процессов, а следовательно, и эффективность биотермического метода обезвреживания твердых бытовых отходов зависят от многих факторов, как положительных, так и отрицательных. К таким факторам относятся:

1. Аэрация отходов. Это один из основных факторов, влияющих на эффективность биотермического процесса. Установлено, что при биотермическом разложении органических веществ в аэробных условиях образуется примерно в 25—30 раз больше энергии, чем в анаэробных. Так, при аэробном окислении

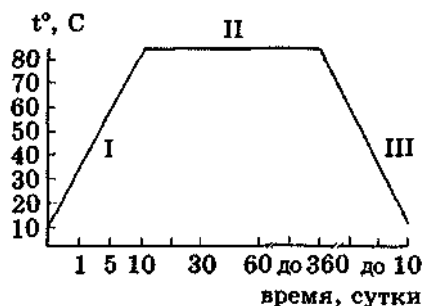


Рис. 66. Фазы биотермического процесса:

I — повышение температуры; II — стационарная; III — снижение температуры

1 моля глюкозы образуется 2830 кДж (674 ккал) энергии, а при распаде 1 моля глюкозы в анаэробных условиях — лишь 113 кДж (27 ккал). Из этого следует важный вывод: преимущество необходимо отдавать таким методам, которые обеспечивают достаточную аэрацию отходов, а именно: на 1 объем отходов следует подавать 25 объемов воздуха.

2. Влажность отходов. Без достаточного количества влаги, как и при ее избытке, биохимические процессы протекать не могут. Мезофилы и термофилы, ответственные за биотермические процессы, состоят на 85% из воды, которая играет важную роль в жизнедеятельности микробной клетки. Поэтому, если влажность отходов менее 30%, то микроорганизмы теряют способность размножаться и даже гибнут. В то же время при избытке влаги ухудшается аэрация отходов, так как вода и воздух являются антагонистами. Если влажность отходов более 70%, то вода препятствует поступлению кислорода воздуха к органическому веществу отходов и поверхности микроорганизмов, т. е. создаются анаэробные условия. Таким образом, для эффективного течения биохимических процессов необходимо, чтобы влажность твердых бытовых отходов составляла не менее 30% и не более 70%. Если влажность отходов находится за пределами этих величин, биотермические процессы замедляются. Следовательно, при обезвреживании отходов необходимо соблюдать указанные параметры влажности: в случаях, когда влажность отходов менее 30%, отходы следует искусственно увлажнять; когда же она более 70%, — необходимо оборудовать устройства для ее уменьшения.

3. Содержание в отходах легко гниющих органических веществ. Для успешного течения биохимических процессов количество таких органических веществ в отходах должно быть не менее 30%, а неорганических соединений — не более 25%) от общей массы. Из качественных показателей состава органических веществ большое значение имеет соотношение углерода и азота. Наиболее благоприятным является их соотношение 30:1.

4. Размер частиц отходов. Установлено, что измельчение твердых отходов способствует интенсификации биохимических процессов. Однако это измельчение не должно быть беспредельным: оптимальный размер частиц должен составлять 25—35 мм. При таком размере частиц отходов увеличивается площадь их активной поверхности, т. е. площадь контакта органического вещества отходов с кислородом воздуха и микроорганизмами, что ускоряет биохимические процессы. В то же время при значительном измельчении (размер частиц менее 25 мм), значительно уменьшается объем каждой отдельной поры, в результате чего ухудшается аэрация отходов.

5. Активная реакция (рН) отходов. Оптимальной для развития микроорганизмов является рН, которая приближается к нейтральной, т. е. находится в пределах 6,5—7,6.

6. Степень исходной контаминации (обсемененности) отходов мезофилами и термофилами. Чем она выше, тем быстрее развивается процесс. Для интенсификации процесса необходимо искусственно обсеменять отходы термофилами.

7. Температурные условия. Чем быстрее будет повышаться температура в толще отходов, тем надежнее произойдет биохимический распад органических

веществ и отмирание патогенной микрофлоры. Поэтому необходимо предотвратить потерю тепла очистными сооружениями (особенно в холодный период года), а в ряде случаев производить подогрев отходов горячим воздухом, подаваемым в установки.

Как пример использования биотермического метода рассмотрим некоторые его варианты и сооружения.

Наиболее простым методом биотермического обезвреживания и переработки отходов на гумус, распространенным во многих странах мира, является компостирование. Обязательными условиями использования этого метода является достаточное (не менее 25%) содержание в отходах легко загнивающих органических веществ, и влажность отходов в пределах 30—65%. Некоторые отходы не разрешают компостировать. Это, *во-первых*, отходы из лечебно-профилактических учреждений и субпродукты из ветлабораторий (из-за эпидемической опасности); *во-вторых*, отходы, содержащие примеси радиоактивных и токсических веществ, в том числе ядохимикатов, дезинфицирующих средств, смол и гудрона.

Оборудование и эксплуатация сооружений для компостирования твердых бытовых отходов зависят от места их расположения: за пределами населенного пункта, в населенном пункте или на индивидуальном приусадебном участке.

Для обезвреживания отходов на приусадебном участке их укладывают в компостные кучи. Этот простой метод впервые был применен в Индии в провинции Индор. В научной литературе он получил название индор-метода. Сущность индор-метода заключалась в следующем. Бытовые отходы складывали на 20-сантиметровый слой веток в штабеля высотой 1—1,5 м. Вместе с бытовыми отходами закладывали опавшие листья, солому, ботву. Штабеля поливали водой для увлажнения, а через неплотно сложенные ветки в толщу отходов поступал воздух.

Компостирование отходов на приусадебных участках в компостных кучах раньше широко применяли и для обезвреживания отходов непосредственно на месте их образования, т. е. отпадала необходимость в их транспортировке. Кроме того, через 1—1,5 года компост можно было использовать в качестве удобрений. Компостные кучи на приусадебных участках оборудовали на расстоянии не менее 20 м от дома и колодца. Чтобы компостную кучу не заливали атмосферные осадки, участок выравнивали, утрамбовывали слоем (20—25 см) жирной глины, обводили канавкой, иногда накрывали тентом. Отходы в компостной куче укладывали послойно: каждый слой отходов толщиной 15 см засыпали слоем готовой компостной массы или почвы. После закладывания отходов компостную кучу оставляли созревать. Но биотермическое обезвреживание отходов в компостной куче происходило очень медленно, процесс гумификации завершался лишь через 1—1,5 года. Описанный способ компостирования бытовых отходов не вполне отвечает гигиеническим требованиям. Он не обеспечивает надежного санитарного эффекта, так как на каждом дворе за оборудованием и эксплуатацией компостных куч тяжело осуществлять санитарный надзор. Поэтому в настоящее время, независимо от размеров населенного пункта, компостирование отходов на приусадебных участках не разре-

шено. Исключением являются лишь объекты, расположенные за пределами населенного пункта (санатории, спортивные лагеря, лагеря отдыха и др.).

Современным методом является централизованная биотермическая переработка бытовых отходов на *полях компостирования*, куда отходы вывозятся со всего населенного пункта или с его определенной части. Поля компостирования размещают за пределами населенного пункта на специально отведенных земельных участках. Площадь территории под поля компостирования определяют из расчета 2 га на каждые 10 тыс. населения. Санитарно-защитная зона (разрыв между полем компостирования и селитебной частью города) должна составлять 500 м. Территория полей компостирования должна быть ровной, с незначительным естественным уклоном. Вокруг нее копают канаву с валом для отведения воды, со всех сторон обсаживают параллельными рядами лесополос.

На полях компостирования твердые бытовые отходы укладывают штабелями длиной 25—30 м, шириной внизу 3—4 м,верху 2—3 м и высотой 1,5—2 м (рис. 67). Вертикальное сечение штабеля имеет вид трапеции. Размещают штабеля параллельными рядами с расстоянием между ними не менее 3 м. Их оборудуют или на поверхности почвы, или в неглубоких (до 0,5 м) траншеях, но так, чтобы нижний слой компостной массы был на расстоянии не менее 1 м от уровня залегания фунтовых вод. В основании штабеля укладывают 10—15 см торфа, перегноя или компоста. Отходы укладывают без уплотнения сразу на полную высоту с постепенным формированием штабеля в длину. Для ликвида-

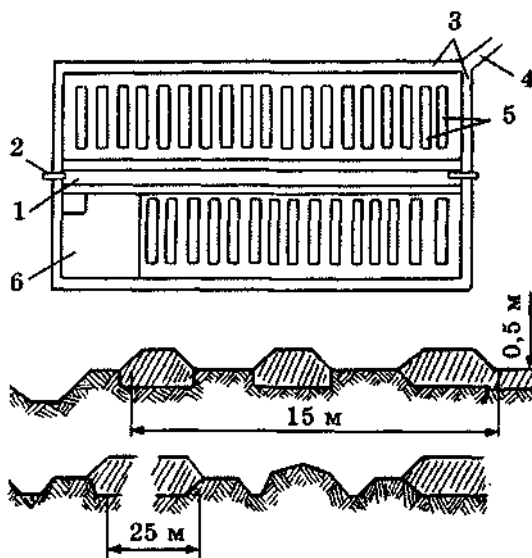


Рис. 67. Поля компостирования:

1 — магистральная дорога с твердым покрытием; 2 — мостики для переезда; 3 — канава для отведения воды; 4 — выпуск воды; 5 — компостные штабеля; 6 — хозяйственная зона

ции запахов, сохранения тепла и предотвращения размножения мух поверхность штабеля накрывают слоем земли или торфа толщиной 15—20 см. Можно использовать и перфорированную полиэтиленовую пленку толщиной 1 мм.

В штабелях, заложенных в весенне-летний период, саморазогревание и распад органических веществ начинается через 3—5 сут. Зимой процесс повышения температуры тормозится, и распад органических веществ активизируется через 25—30 сут после укладывания отходов. При этом температура повышается до 60—70 °С и держится в таких пределах 15—20 сут, а затем снижается до 40—45 °С и сохраняется на этом уровне 2—4 мес. Далее она находится в пределах 30—35 °С. Продолжительность обезвреживания от-

ходов — от 5 мес до 1,5 года в зависимости от климатических условий местности.

Компост, образовавшийся в конце обезвреживания отходов на полях компостирования, является безопасным в санитарном и эпидемическом отношении, т. е. имеет коли-титр не менее 1, санитарное число — от 0,98 до 1, яйца гельминтов в нем отсутствуют. При таких условиях компост можно использовать как органическое удобрение. Перед отправкой потребителю его следует очистить от крупногабаритных фракций и черного металла.

Преимущества метода обезвреживания на полях компостирования заключаются в его санитарно-эпидемической надежности, возможности применения методов интенсификации для ускорения биотермического процесса, получении органического удобрения и облегчении санитарного надзора за обезвреживанием твердых бытовых отходов. Недостатками метода являются значительная продолжительность процесса обезвреживания и необходимость отведения больших по площади земельных участков под поля компостирования.

Различают компостирование в штабелях без предварительной обработки отходов и с предварительной обработкой. Последняя дает возможность ускорить процесс компостирования и состоит в предварительном измельчении и брожении отходов. Кроме того, для ускорения биотермического обезвреживания отходов на полях компостирования используют такие методы интенсификации процесса, как перелопачивание, увлажнение, аэрацию.

Сущность компостирования в штабелях с предварительным измельчением состоит в следующем. Отходы сначала собирают в бункере, а затем при помощи транспортера подают на сита диаметром 32 мм для выделения мелких фракций. Крупные фракции отходов, задержавшиеся на ситах, направляют на дробилку. Измельченный материал снова просеивают через сита, увлажняют до 40—60% и складывают в штабеля. Такая предварительная обработка отходов ускоряет биотермический процесс обезвреживания до 9 нед.

При условии интенсификации компостирования перелопачиванием и увлажнением процесс биотермического обезвреживания протекает в несколько циклов. Сначала бытовые отходы после выгрузки поливают осадком сточных вод. Через 3 сут формируют штабеля высотой 1 м и шириной 2—3 м и выдерживают в течение 1 мес (первый цикл). Затем отходы снова перелопачивают и делают новые штабеля (второй цикл). Через 30 сут операцию повторяют. Общий срок обезвреживания отходов — 3 мес.

Метод компостирования в штабелях с интенсивной аэрацией (Баден-Баден) был предложен в Германии. При этом каждый штабель оборудуют системой организованной циркуляции воздуха, для чего в его основании прокладывают перфорированные бетонные трубы, через которые вентилятор удаляет воздух из штабеля и подает его в печь, где его используют для сжигания крупногабаритных отходов. Компост, образовавшийся в штабелях, применяют как органическое удобрение. Перед тем как отправить компост потребителю, его очищают на грохоте от крупногабаритных фракций и на электромагнитном сепараторе — от черного металла.

К методам биотермического обезвреживания отходов относится *бескамерный метод с направленной аэрацией (Монеса)*. Обезвреживают отходы в специальной траншее глубиной 3—4 м и шириной на уровне дна — 2—3 м. На дне траншеи уложены аэрационные каналы с аэраторами, выступающими на 1—1,5 м над поверхностью земли. Отходы без уплотнения помещают в траншею. Заполненную траншею изолируют слоем почвы толщиной 25—30 см. В течение нескольких суток воздух, содержащийся в щелях и порах в толще отходов, нагревается до высокой температуры. Температурный градиент между воздухом в траншее и атмосферным значительно увеличивается, что усиливает естественную тягу и ускоряет движение воздуха в вентиляционной системе траншеи. Усиленная аэрация способствует дальнейшему развитию биотермического процесса, который завершается в течение 55—65 сут.

Биотермические камеры предназначены для обезвреживания бытовых отходов и превращения их в компост закрытым методом. Предусматривают возможность регулирования биотермического процесса путем организации оптимального температурного и аэрационного режима, благодаря чему удается сократить срок обезвреживания отходов до 40—60 сут, а при искусственном подогревании — до 12—20 сут.

Аэрационные бродильные камеры, получившие название биотермических, или биокамер, были предложены в 1912 г. инженером Беккари. Соорудили их во многих городах Западной Европы — Флоренции, Падуе, Неаполе, Милане, Париже, Марселе и др. Так, в 20-е годы XX в. во Флоренции обезвреживали твердые бытовые отходы в 204 камерах мощностью 100 т/сут каждая. Оборудовали их на расстоянии 2300 м от города. Сегодня биокамеры используют, ограниченно, в большинстве случаев для обезвреживания отходов, образовавшихся в отдельно расположенных объектах (санаториях, лагерях отдыха и т. п.). Санитарно-защитный разрыв между биокамерой и жилыми, общественными зданиями должен составлять 300 м.

Биокамеры сооружают из кирпича, бетона или сборных железобетонных конструкций вместимостью 2—20 м³, высотой 2,5—3 м, прямоугольного сечения (рис. 68). Пол камеры должен быть водонепроницаемым и иметь уклон 0,01 % в сторону лотков для отведения жидкости, образующейся из отходов в процессе компостирования (10—15% от массы отходов). На высоте 15—20 см от пола размещают решетки, на которые загружают отходы через специальные люки в верхнем перекрытии. Для поступления воздуха под решетками в цоколе камеры делают вентиляционные отверстия. Внутри камеры сооружают аэраторы для воздухообмена в толще отходов. Эти аэраторы представляют собой асбестоцементные трубы с отверстиями по всей поверхности. Нижним, открытым, концом аэраторы установлены на решетки, а верхним, закрытым, — выведены под перекрытие камеры. Вдоль стен камеры оборудованы пристенные "козырьки" для передвижения воздуха. Над верхним перекрытием должен находиться вентиляционный стояк для отведения воздуха из камеры. Разгружают камеру через двери в одной из стен.

Оптимальным является одновременная загрузка биокамеры или загрузка в течение не более 4 сут. При этом через 2—3 сут после загрузки начинается

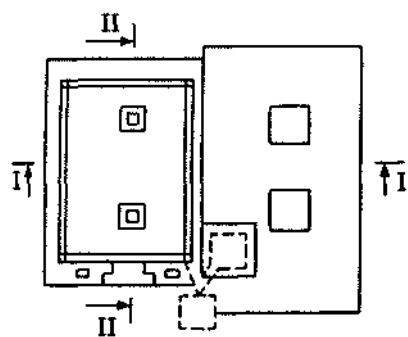
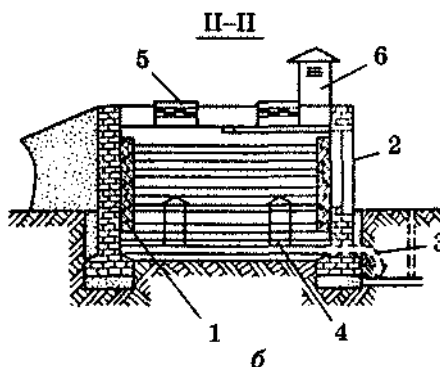
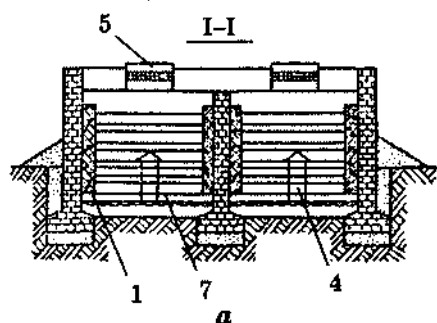


Рис. 68. Биотермическая камера:
 а — разрез по I—I; б — разрез по II—II;
 1 — пристенные козырьки; 2 — двери
 для выгрузки компоста; 3 — приемник
 дренажной жидкости; 4 — аэраторы;
 5 — загрузочные люки; 6 — дефлектор;
 7 — решетки



разогревание отходов; на 5—10-е сутки температура достигает 65—70 °С и держится на этом уровне 25—30 сут. Компостирование продолжается 40 сут летом и 60 сут зимой. Для ускорения процесса до 12—20 сут в биокамеры подают искусственно подогретый воздух из калориферов или соседних камер, где отходы уже разогрелись. Продолжительность обезвреживания уменьшается при условии добавления в камеру готового компоста (20—30 л) и перемешивания отходов каждые 10 сут. Одновременная загрузка требует большого количества камер, и поэтому чаще всего оборудуют двухсекционные камеры текущего накопления.

Усовершенствованные свалки, или высоконагружаемые полигоны захоронения бытовых отходов, были предложены Академией коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова в середине XX в. в период перехода от естественных биологических почвенных к индустриальным методам обезвреживания отходов. Во второй половине XX в. таким способом утилизировали до 80% твердых бытовых отходов во многих развитых странах мира.

Усовершенствованные свалки располагают за пределами населенного пункта, ниже по течению водоема на специально отведенных земельных участках с уровнем залегания грунтовых вод не ближе 1 м от поверхности земли. Если территория имеет сложный рельеф, ее выравнивают путем укладывания отходов, но при этом необходимо предусмотреть, чтобы не было поверхностного стока с усовершенствованной свалки в сторону города и водоема. Для предупреждения поступления поверхностных вод на территорию усовершен-

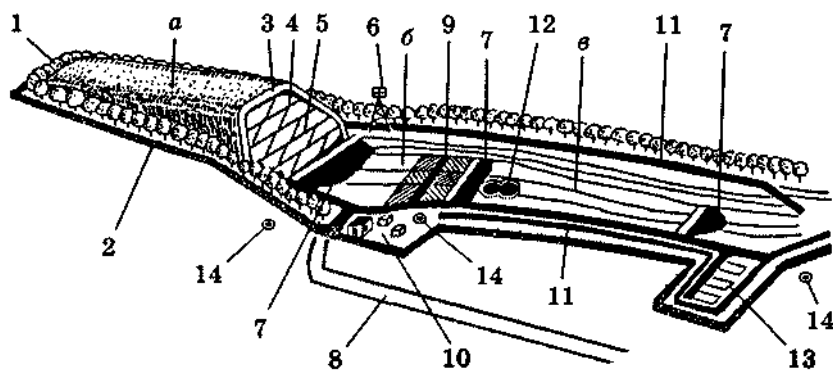


Рис. 69. Усовершенствованная свалка:

а, б, в — первая, вторая и третья очереди складирования; 1 — зона зеленых насаждений; 2 — сетчатый забор; 3, 4 — окончательный и промежуточный изолирующие слои почвы; 5 — отходы (3, 4 и 5 изображены на условном разрезе); 6 — мачты электроосвещения; 7 — плотина; 8 — дорога для подъезда; 9 — временная дорога; 10 — хозяйственная зона; 11 — нагорная канава; 12 — насосная станция; 13 — участок промышленных отходов; 14 — скважина

ствованной свалки вокруг земельного участка создают нагорную канаву. Территорию ограждают забором и со всех сторон высаживают в два ряда деревья. СЗЗ должна составлять 500 м.

На территории усовершенствованной свалки бытовые отходы укладывают на специально подготовленную водонепроницаемую основу толщиной не менее 0,5 м. Это могут быть уплотненные естественные глинистые и суглинистые почвы участка или искусственно созданная основа. Отходы укладывают рабочими слоями высотой 1,5–2 м, которые перекрывают промежуточными изолирующими слоями почвы (рис. 69). Во время формирования первого рабочего слоя отходы выгружают из мусоровозов на подготовленную основу, разравнивают слоем 0,2–0,3 м и уплотняют бульдозерами. На уплотненный слой отходов укладывают следующий слой толщиной 0,2–0,3 м, который также разравнивают и уплотняют. Формируют рабочий слой общей высотой 1,5–2 м, после чего в теплый период года ежедневно, а в холодный — один раз в 2–3 сут рабочий слой отходов засыпают почвой слоем 0,25 м. Почву берут непосредственно с территории свалки или привозят со строительных площадок. Целесообразно использовать хорошо уплотненные суглинистые и супесчаные почвы с влажностью 30–50%. Можно воспользоваться строительным мусором, шлаком, уличным сметом. На промежуточный изолирующий слой почвы укладывают рабочий слой отходов высотой 1,5–2 м. Общее количество слоев зависит от проектной высоты свалки, после достижения которой последний рабочий слой отходов засыпают окончательным изолирующим слоем почвы толщиной 1 м. Тщательная изоляция отходов слоями почвы с уплотнением препятствует размножению мух и грызунов, предотвращает загрязнение атмосферного воздуха.

В толще усовершенствованной свалки происходит медленное анаэробное разрушение органических веществ отходов. При этом температура повышает-

ся до 30—36 °С, образуются газообразные вещества (метан, углерода диоксид и др.) и специфическая жидкость, отмирают патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов. Фильтрат, образовавшийся из отходов во время эксплуатации полигонов и содержащий высокие концентрации загрязнителей, отводят при помощи дренажных канав на сооружения биологической очистки. Следует подчеркнуть, что обезвреживаются и минерализуются отходы даже в поверхностных слоях усовершенствованной свалки чрезвычайно медленно, в течение 15—25 лет после ее закрытия.

Наиболее современным биотермическим методом обезвреживания твердых бытовых отходов является *индустриальное, или заводское, биотермическое компостирование*, при котором технологический процесс переработки отходов на органическое удобрение осуществляется под влиянием аэробной микрофлоры при оптимальных условиях увлажнения и аэрации. Полученный при этом компост безвредный для окружающей среды и безопасный для здоровья населения, в том числе лиц, контактирующих с ним во время сельскохозяйственного использования. К индустриальным биотермическим методам относится компостирование отходов без предварительной обработки во вращающихся барабанах и предварительно измельченных в камере.

Биотермическое обезвреживание неподготовленных отходов во вращающемся барабане происходит в течение 5—6 сут. Ускорение процесса компостирования достигается благодаря измельчению, искусственной аэрации и перемешиванию отходов в барабане, который медленно вращается вокруг длинной оси со скоростью 6—7 оборотов в 1 час. Кроме того, этому способствует поддержание высокой температуры в барабане путем его термоизоляции для уменьшения теплотрат и обеспечения непрерывного производственного цикла, который предусматривает постоянную загрузку и разгрузку барабана.

Метод компостирования отходов во вращающихся барабанах — *дано-биостабилизатор* — разработан фирмой "Дано" (Дания). Его используют почти на 100 заводах мощностью от 5 до 300 т отходов в сутки во многих странах мира: Бельгии, Англии, Дании, Франции, Германии, Бразилии и др. Технологическая схема этого метода изображена на рис. 70, а.

Отходы загружают в приемный бункер, грейферным краном подают на ленточный транспортер. Они проходят магнитный сепаратор для удаления металлических предметов, при необходимости их увлажняют водой или канализационными осадками и направляют в барабан-биостабилизатор, расположенный горизонтально или с незначительным наклоном в разгрузочную сторону. Барабан длиной 20—25 м и диаметром 3—3,5 м заполняют на 80% объема, что дает возможность отходам перемешиваться и измельчаться во время вращения барабана, которое происходит со скоростью 6,6 оборотов в 1 ч. Непрерывное поступление воздуха в барабан обеспечивает активную аэрацию отходов. Они быстро нагреваются до 60—65 °С и через 5—6 сут превращаются в компост. За это время компостируемая масса продвигается в барабане благодаря наклону или специально оборудованным внутренним ребрам в разгрузочную сторону. Выгружают компост одновременно с загрузкой отходов при постоянном вращении барабана со скоростью 42 оборота в 1 ч. Выгруженный компост ленточным

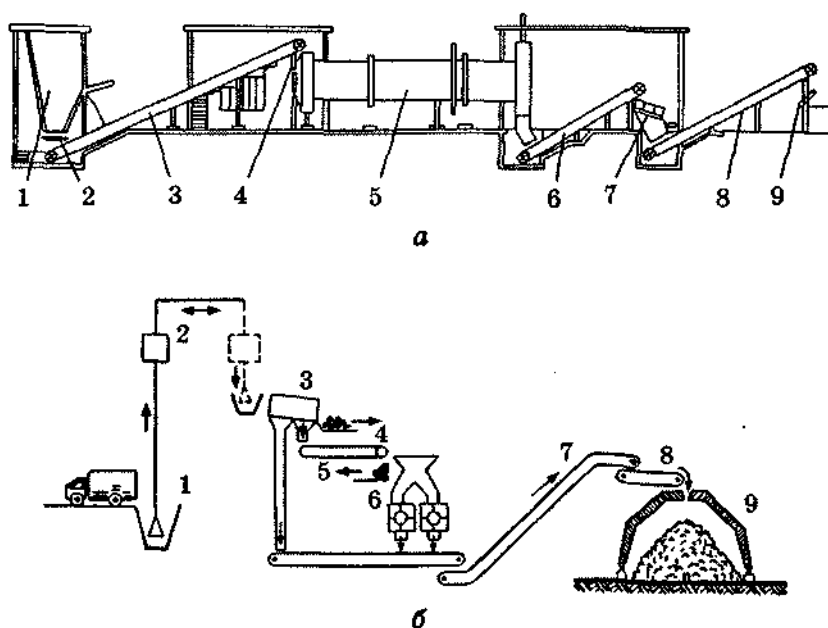


Рис. 70. Обезвреживание твердых бытовых отходов:

а — по методу Дано: 1 — приемный бункер; 2 — грейферный кран; 3, 6, 8 — ленточные транспортеры; 4 — магнитный сепаратор; 5 — биостабилизатор; 7 — виброгрохот; 9 — сепаратор для удаления стекла; *б* — по биотенк-методу: 1 — приемный бункер; 2 — грейферный кран; 3 — барабанное сито; 4 — магнитный сепаратор; 5 — металллом; 6 — молотковый измельчитель; 7 — стационарный транспортер; 8 — передвижной транспортер; 9 — биотенк

транспортером подают на виброгрохот для удаления крупных фракций и на сепаратор для удаления стекла.

К индустриальным методам компостирования предварительно измельченных отходов в камерах относятся биотенк-метод, методы с использованием многоэтажных ферментаторов (Джерси, Кореля и Фуше, Фрезера—Иверсона), методы Мультибакто (Ирп-Томас), Пика и капиллярной сушки (Бриколяр). Линия для предварительной обработки отходов при всех указанных методах стандартна и состоит из: приемного бункера; магнитного сепаратора для удаления металлических предметов; грохота для разделения отходов на фракции, которые могут быть направлены на компостирование сразу, и такие, которые нуждаются в измельчении; дробилки; иногда — смесителя для перемешивания отходов с осадком сточных вод. Передвижение отходов между указанными элементами осуществляется ленточными транспортерами; из бункера на ленточный транспортер отходы подают грейферные краны.

По *биотенк-методу*, который был предложен и внедрен во Франции, компостируют измельченные отходы на специальной площадке (рис. 70, *б*). Она имеет вид бетонного кольца, диаметр которого зависит от количества отходов, продолжительности компостирования и складирования компоста. Вдоль оси бетонного кольца проложен аэрационный трубопровод. Бетонное кольцо имеет

борта высотой 0,5 м, по которым проложены рельсы. По рельсам передвигается легкое купольное укрытие — биотенк. Это укрытие состоит из двух частей: передней — валообразователя и задней — бродильной. Валообразователь имеет несколько меньшее поперечное сечение, чем бродильная часть. Передняя часть валообразователя закрыта торцевой стенкой. Задний торец бродильной части открыт.

Измельченные отходы стационарным (неподвижным) транспортером подают в центр бетонного кольца и пересыпают на передвижной транспортер, один конец которого закреплен в центре, а другой движется вместе с укрытием. Передвижной транспортер подает отходы в приемник валообразователя, где предусмотрено приспособление для увлажнения. После увлажнения отходы попадают на бетонное кольцо, а валообразователь формирует из них вал в виде полукруга радиусом не более 7 м для обеспечения равномерной аэрации толщи отходов через аэрационный трубопровод. Поскольку биотенк передвигается, после валообразователя сформированный вал отходов закрывает бродильная часть. Через 18 сут из открытого конца бродильной части получают готовый компост.

По методам Джерси (Англия), Кореля и фуше (Франция), Фрезера—Иверсона (США) измельченные отходы компостируют в многоэтажных ферментаторах (рис. 71). Вертикальным элеваторным транспортером их подают на верхний этаж шестиэтажной прямоугольной башни. Перекрытия между этажами образуют жалюзийные решетки. Когда их открывают, компостируемая масса пересыпается на расположенный ниже этаж. На каждом этаже массу выдерживают в течение 1 сут. Аэрация происходит за счет градиента температур воздуха в башне и в окружающей среде (естественная тяга): воздух поступает в нижний этаж башни и продвигается вверх. Но при необходимости (для компостирования отходов вместе с осадком сточных вод) возможна искусственная аэрация. Размещение компостируемой массы на жалюзийных решетках дает возможность предупредить ее переуплотнение. Во время передвижения массы вниз по этажам концентрация кислорода в воздухе увеличивается в зависимости от интенсивности процесса. Поэтому на каждом этаже башни происходит определенная стадия компостирования, особенно при условии искусственной инокуляции термофильными микроорганизмами. На нижнем этаже компостируемая масса

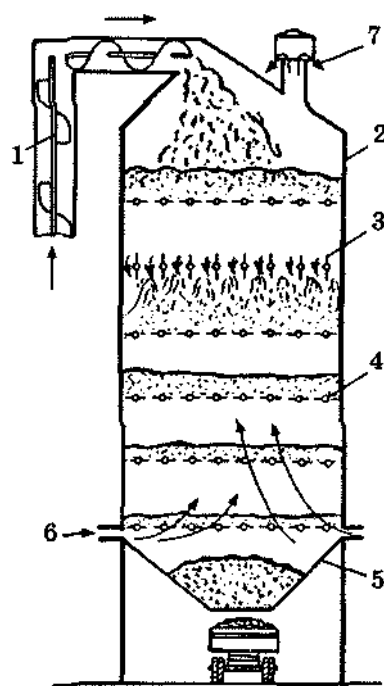


Рис. 71. Многоэтажный ферментатор с жалюзийным перекрытием: 1 — вертикальный элеватор; 2 — ферментатор; 3 — жалюзийная решетка в открытом положении; 4 — закрытая жалюзийная решетка; 5 — бункер для готового компоста; 6 — подача воздуха; 7 — удаление воздуха

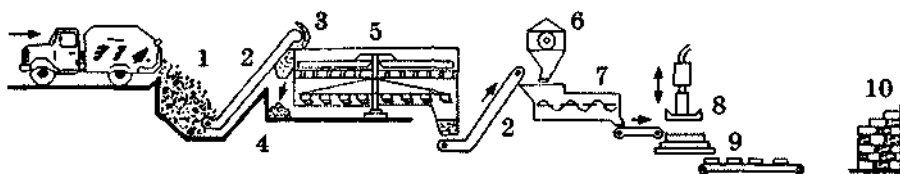


Рис. 72. Обезвреживание твердых бытовых отходов методом капиллярной сушки (Бриколяр):

- 1 — приемный бункер; 2 — транспортер; 3 — магнитный сепаратор; 4 — металлолом;
 5 — рашпильная дробилка; 6 — вакуумный фильтр для обезвоживания осадка сточных вод;
 7 — смеситель; 8 — гидравлический пресс; 9 — транспортер для передвижения брикетов;
 10 — сушильная камера для подсушивания брикетов

стабилизируется и подсушивается за счет поступления большого количества чистого, богатого кислородом воздуха.

Принципиальным отличием *метода капиллярной сушки (Бриколяр)* является использование для обезвреживания отходов не только микроорганизмов, но и плесневых грибов, принимающих участие в разложении органического вещества отходов, стабилизирующих конечный продукт и оказывающих антибиотическое действие. Технологическая схема метода приведена на рис. 72. Отходы из приемного бункера грейферным краном или транспортером направляют на магнитный сепаратор, измельчают в рашпильной дробилке, перемещивают в смесителе с обезвоженным осадком сточных вод (влажность конечного продукта должна составлять приблизительно 53%) и под давлением 30 атм прессуют в брикеты без нарушения капиллярной структуры и обезвоживания. Брикеты укладывают в сушильные камеры, в которых быстро развиваются биотермические процессы. Температура повышается до 65 °С внутри и 55 °С по периферии. Сушка длится почти 4 нед. Влажность при этом уменьшается до 10%. Завершается активная стадия биотермического процесса, снижается температура, и брикеты насквозь прорастают и покрываются грибами. Капиллярная структура брикетов обеспечивает свободное поступление воздуха и течение микробиологических процессов в аэробных условиях. Высушенные брикеты после увлажнения и измельчения можно использовать как органическое удобрение.

Термические методы. К термическим методам обезвреживания отходов относятся мусоросжигание и пиролиз.

Мусоросжигание является одним из перспективных, быстрых и радикальных методов обезвреживания твердых бытовых отходов. Его проводят в специальных печах-деструкторах при температуре 900—1000 °С, при которой разрушаются почти все органические твердые, жидкие и газообразные соединения. Отходы с влажностью до 60%, зольностью до 60% и содержанием горючих компонентов (органических веществ) более 20% горят без добавления топлива. Кроме того, за счет значительной теплообразующей способности (4—8 МДж/кг) отходов в процессе их сжигания образуется энергия, которую можно использовать в народном хозяйстве.

В то же время в процессе мусоросжигания возникает необходимость в складировании твердых продуктов неполного сгорания (шлака и золы) и очистке выбросов в атмосферный воздух. В среднем вследствие сжигания 1 т твердых бытовых отходов образуется почти 300 кг шлака и 6000 м³ дымовых газов, из которых на очистных сооружениях задерживается 30 кг золы. Шлак и зола содержат значительное количество кремния (до 65%), щелочные и щелочноземельные металлы, алюминий, железо, свинец, цинк и др. Кроме того, в золе могут содержаться диоксины — полихлорированные дибензодиоксины и полихлорированные дибензофураны. Эти вещества (их может быть более 210, в зависимости от количества атомов хлора и их размещения в молекуле) оказывают канцерогенное, гепатотоксическое, нейротоксическое действие, угнетают иммунную систему, способны проходить через плаценту, накапливаться в грудном молоке. Самым токсичным и опасным для здоровья людей является 2,3, 7, 8-тетрахлордибензодиоксин. Опасны эти вещества также из-за их чрезвычайной стабильности в окружающей среде. Поэтому складировать золу необходимо так же, как и токсические промышленные отходы, т. е. на специальных полигонах. Шлак можно складировать на усовершенствованных свалках или даже использовать, например, в строительстве для улучшения рельефа местности. Позитивным является то, что площадь для складирования шлака и золы в 20 раз меньше, чем для свалок твердых бытовых отходов.

Дымовые газы, образующиеся во время мусоросжигания, содержат, кроме золы (2—10 г/м³), углерода диоксид — CO₂ (15%), углерода оксид — CO (0,05%), серы диоксид (SO₂), азота оксиды, HCl, HF, а также полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны. Во время сжигания 1 т отходов может образоваться 5 мкг диоксинов, большая часть которых связана с золой, а меньшая — остается в дымовых газах. Диоксины могут содержаться как в собственно отходах, так и образовываться в процессе охлаждения дымовых газов после сжигания мусора. Во время сжигания при температуре 1000 °С диоксины, содержащиеся в отходах, разрушаются. Но при охлаждении дымовых газов до 250—350 °С они могут образовываться из органического углерода и хлоридов в присутствии водяного пара и ионов меди. Поэтому обязательной является очистка дымовых газов перед их выбросом в атмосферный воздух. Для задержки золы используют электрофильтры и рукавные фильтры, которые дают возможность уменьшить концентрацию золы в выбросах с 2000—10 000 до 10—50 мг/м³. Для газоочистки применяют сухие и влажные методы, эффективность которых составляет в среднем почти 70 и 90% соответственно.

Мусоросжигательные печи должны находиться на расстоянии не менее 300 м от жилых кварталов. Печи большой производительности и связанные с ними сооружения (для загрузки мусора, его перемешивания, очистки выбросов в атмосферный воздух и др.) называются мусоросжигательными станциями или заводами (рис. 73). Мощные мусоросжигательные заводы должны иметь СЗЗ до 1000 м.

Таким образом, обезвреживание твердых бытовых отходов на мусоросжигательных заводах при условии соблюдения санитарно-гигиенических требований по их оборудованию и эксплуатации имеет гигиеническое, эпидемиоло-

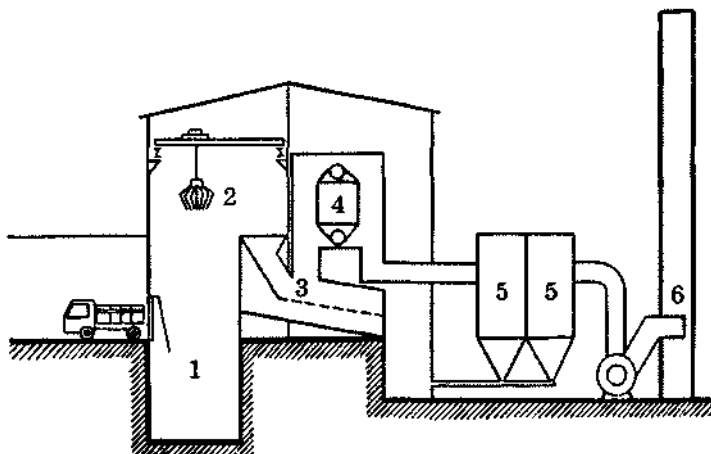


Рис. 73. Мусоросжигательная станция:

1 — бункер для мусора; 2 — грейферный кран; 3 — печь; 4 — рекуперационный котел; 5 — циклон для задержки частиц золы; 6 — труба

гическое и экономическое преимущество, заключающееся в том, что обезвреживание происходит радикально и быстро. Отпадает необходимость в вывозе мусора далеко за город, т. е. сокращаются транспортные расходы, не требуются значительные по площади земельные участки, могут быть использованы тепло, пар и шлак. Именно этим обусловлено широкое использование мусоросжигания в мире. Так, количество мусоросжигательных заводов в ФРГ в период 1980—1985 гг. возросло с 42 до 48. Во Франции на 180 мусоросжигательных заводах сжигали почти 35% отходов.

Пиролиз. Процесс пиролиза твердых бытовых отходов осуществляется в высокотемпературных реакторах при температуре почти 1640°C в условиях дефицита кислорода и не требует их предварительной подготовки. Высокая температура обеспечивает разрушение практически всех сложных органических веществ, превращение их в простые горючие (горючий газ, нефтеподобные масла) или негорючие (шлак) соединения. Во время пиролиза твердых бытовых отходов не образуется выбросов в окружающую среду. Такой метод обезвреживания отходов с гигиенической и экономической точки зрения весьма перспективный.

Химические методы. К химическим методам обезвреживания твердых бытовых отходов относится их гидролиз в присутствии хлороводородной или серной кислоты при высокой температуре с целью получения этилового спирта, форфуrolа, витаминов группы В, РР, D и других важных продуктов. Кроме того, отходы гидролизного завода могут быть использованы в виде биотоплива и органических удобрений. При внесении этих удобрений на поля черноземной зоны урожайность картофеля становится в 2 раза больше по сравнению с полями, обработанными другими компостами. Гидролизный метод обеспечивает безотходную технологию производства при соблюдении требований по санитарной охране окружающей среды.

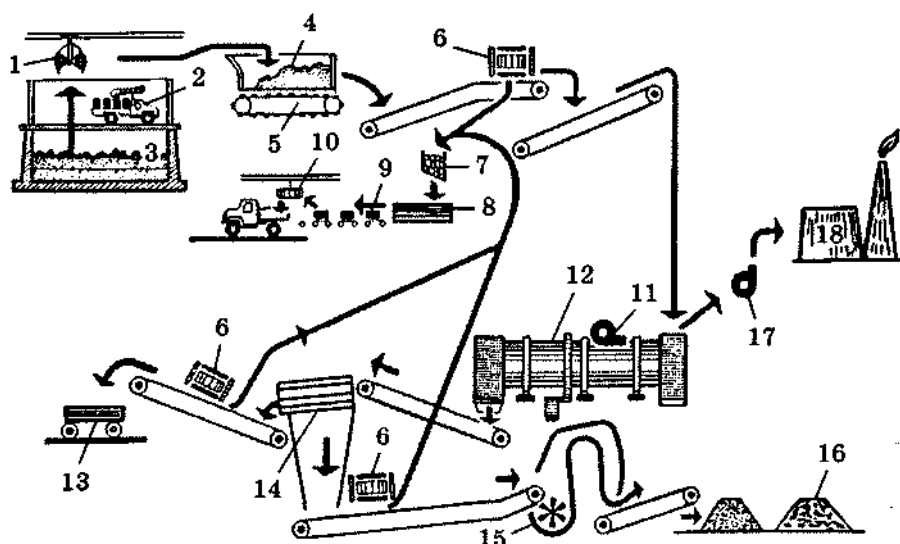


Рис. 74. Технологическая схема Санкт-Петербургского завода механизированной переработки бытовых отходов:

1 — грейфер; 2 — контейнерный мусоровоз; 3 — бункер-накопитель; 4 — дозирующий бункер; 5 — пластинчатый поставщик; 6 — магнитный сепаратор; 7 — бункер для металлолома; 8 — пресс; 9 — рольганг; 10 — магнитная шайба для загрузки пакетов металлолома; 11 — вентилятор-аэратор; 12 — ферментатор; 13 — отходы завода; 14 — барабанный грохот; 15 — шахтная мельница; 16 — склад компоста; 17 — вентилятор; 18 — котельная

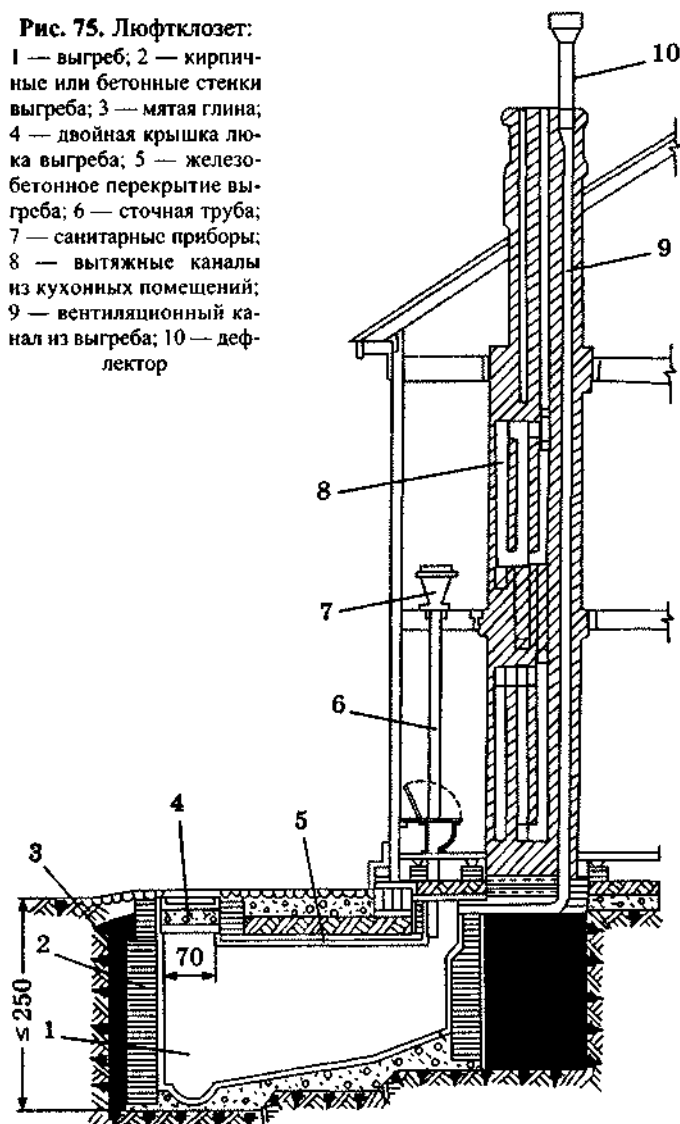
Механические методы. К механическим методам обезвреживания твердых отходов относится изготовление разных блоков (крупнообъемных брикетов, строительных материалов) путем их прессования и использования специальных связующих веществ. В настоящее время механическая сепарация бытовых отходов является одной из основных предшествующих операций полной утилизации и фактического обезвреживания отходов.

В крупных городах для использования ценных частей отходов строят мусороутилизационные заводы и станции (рис. 74). Такие заводы работают в Москве, Санкт-Петербурге, Минске, Риге, Ташкенте, Харькове и Одессе. Эти заводы не загрязняют окружающую среду, обеспечивают переработку отходов в ценное азотное органическое удобрение (компост, биотопливо) для нужд сельского хозяйства и извлечение из них черного и цветного металлолома.

Сбор жидких бытовых отходов. В неканализованных или частично канализованных населенных пунктах от неканализованной части города очистку от жидких отходов осуществляют путем ассенизации, которая предусматривает временное накопление нечистот в водонепроницаемых выгребях и дальнейший их вывоз специальным ассенизационным транспортом.

Собирают жидкие бытовые отходы (фекалии, моча, помои) в туалетах (клозетах). Различают индивидуальные (квартирные), общие (в учреждениях и на предприятиях), общественные (на улицах, площадях, стадионах и т. д.) туалеты и дворовые уборные. Туалеты могут быть как канализованными, т. е. подклю-

Рис. 75. Люфтклозет:
 1 — выгреб; 2 — кирпичные или бетонные стенки выгребов; 3 — мягкая глина; 4 — двойная крышка люка выгребов; 5 — железобетонное перекрытие выгребов; 6 — сточная труба; 7 — санитарные приборы; 8 — вытяжные каналы из кухонных помещений; 9 — вентиляционный канал из выгребов; 10 — дефлектор



ченными к канализации, так и неканализованными, т. е. подключенными к водонепроницаемым выгребам.

Лучшим типом уборной при отсутствии канализации является люфтклозет (рис. 75). Теплые уборные оборудуют в самом здании. Они удобны для пользования. При правильном устройстве и содержании они не загрязняют воздух, почву, грунтовые воды. Оборудовать люфтклозеты можно только в одно- или двухэтажных зданиях. Вследствие испарения объем нечистот уменьшается, и очищать выгребные ямы приходится не чаще 1—2 раз в год. При отсутствии канализации можно также использовать ящичные уборные и дворовые уборные с выгребом.

Наилучшим в гигиеническом отношении видом туалета при наличии канализации является ватерклозет (водяной клозет), который впервые появился в Англии еще в 1810 г. (рис. 76). В его оборудование входят унитаз и смывной бачок. Унитазы изготовляют из полуфарфора или фаянса с полированным или покрытым лаком сидением из древесины или пластмассы. К унитазу воду подводят через промежуточный бак или через кран с обратным клапаном, устраняющим опасность обратного подсосывания в водопроводные трубы грязной воды.

Общие и общественные туалеты оборудуют писсуарами, фаянсовыми напольными унитазами (типа "Генуя") с эмалированной поверхностью и так называемыми приливами для ступней ног, которые устанавливают в полу на бетонной основе.

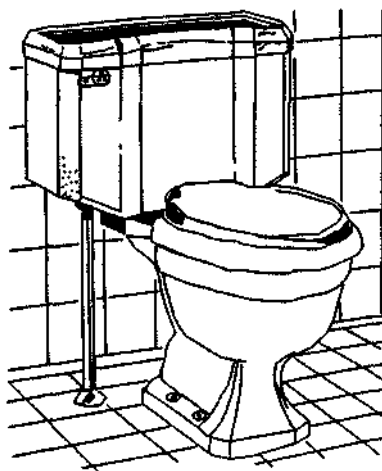


Рис. 76. Ватерклозет (туалет с бачком для промывания водой из водопроводной сети)

Вывоз и транспортировка жидких бытовых отходов. При отсутствии канализации, жидкие отходы вывозят автоцистернами, т. е. специальным ассенизационным транспортом, который исключает загрязнение окружающей среды и обслуживающего персонала. Большой объем автоцистерн (до 2,5—4 м³), быстрота передвижения, возможность круглосуточной работы значительно облегчили и удешевили вывоз жидких отходов.

Сливные станции. В частично канализованных населенных пунктах из выгребов неканализованных районов нечистоты вывозят на сливные станции канализационной сети. Сливные станции строят в пределах города, где нет плотной застройки и можно создать санитарный разрыв 300 м до ближайших жилых и общественных сооружений. Здание станции должно иметь искусственную общеобменную вытяжную вентиляцию. На сливной станции оборудуют каналы для приема и спуска нечистот в канализацию; с боку от каналов имеются 2—3 коридора, куда заезжают автоцистерны. Нечистоты при помощи передвижных металлических желобов сливают в канал. Однако непосредственный спуск их в канализационную сеть не допустим, так как канализационные трубы могут засоряться. Во избежание этого жидкость из автоцистерн разбавляют водой из расчета 1 : 1 и пропускают через решетки и песколовки для задержания крупных примесей и песка, которые вывозят в места обезвреживания твердых отходов. Работа сливных станций возможна только в том случае, если расход воды в канализационном коллекторе по крайней мере в 5 раз превышает сток сливной станции в часы работы.

Безусловно, наилучшим методом удаления жидких бытовых отходов является канализация.

Обезвреживание жидких бытовых отходов. В неканализованных населенных пунктах для обезвреживания жидких бытовых отходов могут быть

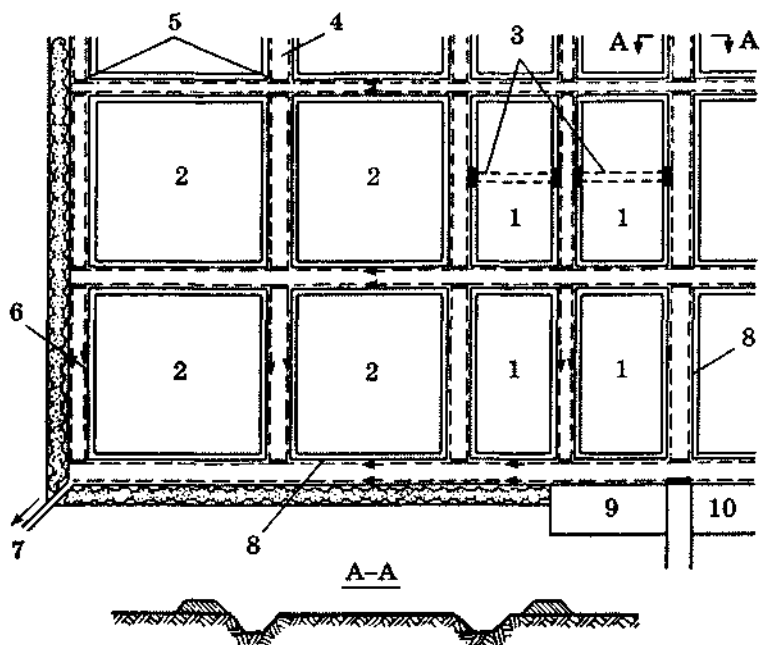


Рис. 77. Поля ассенизации:

1 — летние карты; 2 — зимние карты; 3 — временные проезды; 4 — постоянные проезды; 5 — мостики для переезда; 6 — водосборные каналы; 7 — канава водосбора; 8 — ограждающие земляные валики; 9 — хозяйственная зона; 10 — площадка для мойки ассенизационного транспорта

использованы почвенные методы очистки за счет способности почвы к самоочищению. Правильно загруженные в почву, богатые органическими веществами нечистоты достаточно быстро минерализуются, патогенные бактерии отмирают. При этом улучшается структура почвы, она увлажняется, обогащается азотом, фосфором, калием и может использоваться для выращивания различных сельскохозяйственных культур. Вместе с тем необходимо помнить о существующей опасности загрязнения сельскохозяйственного сырья и продуктов, которое можно предотвратить только путем строгого соблюдения санитарных правил, определяющих и ограничивающих условия использования нечистот.

В настоящее время используют следующие способы почвенного обезвреживания нечистот: 1) поля ассенизации, на которых обезвреживают нечистоты и выращивают сельскохозяйственные культуры на основе севооборота (рис. 77); 2) поля запахивания, где нечистоты обезвреживаются без использования для сельскохозяйственных целей. Поля ассенизации и запахивания находятся в ведении органов коммунального хозяйства. Это весьма важный элемент очистки от отходов, образующихся в неканализованных населенных пунктах.

Особенности сбора, временного хранения, вывоза и обезвреживания промышленных отходов. Защита окружающей среды и здоровья населения от действия токсических ингредиентов промышленных отходов должна осу-

ществляться путем внедрения малоотходных или безотходных технологических процессов на каждом производстве. Это наиболее перспективный и прогрессивный с гигиенической точки зрения метод лишения промышленных отходов их потенциальной опасности. Не менее прогрессивной является максимальная утилизация компонентов промышленных отходов в народном хозяйстве по принципу: отходы одного производства являются сырьем для другого. При строгом соблюдении определенных санитарно-гигиенических требований можно гарантировать полную безопасность такого использования промышленных отходов для здоровья людей с учетом возможных отдаленных последствий, а также для окружающей среды.

Все промышленные отходы делят на утилизируемые и не утилизируемые. Отходы, которые можно утилизировать, не подлежат уничтожению или захоронению. Их используют в народном хозяйстве как топливо, строительный материал, удобрение, сырье для повторной переработки или регенерации с целью получения вторичного сырья. Например, отвалы химической и нефтехимической промышленности содержат пиритные огарки, переработка 1 млн т которых может дать 4300 т электролитической меди, 3350 т цинка, 75 т кобальта. Из шлаков металлургических заводов и золы теплоэлектростанции можно получать цемент, удобрения, минеральные волокна, легкие наполнители бетона, кислотостойкие изделия, изоляционные материалы. Таким образом, с гигиенической и экономической точки зрения все утилизируемые отходы целесообразно использовать в народном хозяйстве, так как при этом уменьшается потребность в природных ресурсах. Так, в 90-е годы XX в. в ФРГ ежегодно утилизировали более 4 млн т пищевых отходов, 75 тыс. т текстильных, более 1 млн т бумажных. В целом в ФРГ из 150 млн т отходов, которые ежегодно образовывались в разных отраслях народного хозяйства (в том числе и в строительстве), использовали 57 млн т, т. е. почти 38%. В странах Западной Европы ежегодно утилизировали почти 7 млн т стекла, что составляет от 27 до 78% национальной потребности в стекле разных стран. Производство свинца из отходов в США составляло почти 1 млн т (69% от внутренней потребности), в Европе — 0,8 млн т (47% от внутренней потребности).

Промышленные отходы, не подлежащие утилизации, после временного складирования на промышленных предприятиях вывозят в места их обезвреживания. Во всех странах мира основными методами обезвреживания промышленных отходов, которые не поддаются утилизации, являются термическая обработка и захоронение на полигонах, специально для этого предназначенных.

Условия сбора, хранения, транспортировки и обезвреживания промышленных отходов зависят от их потенциальной опасности для здоровья населения и окружающей среды. По токсичности промышленные отходы делят на 4 класса опасности: I — чрезвычайно опасные; II — высокоопасные; III — умеренно опасные; IV — малоопасные.

Отходы каждого класса опасности по мере накопления собирают в отдельную, предназначенную именно для этого класса, тару и временно хранят на специально отведенном месте промышленной площадки. Отходы I класса опасности хранят в герметически закрытой таре (стальных бочках, контейнерах);

II класса опасности — в закрытых полиэтиленовых мешках, пакетах, ящиках; III класса опасности — в бумажных или хлопчатобумажных мешках; отходы IV класса опасности можно хранить открыто на промышленной площадке в виде конусообразной кучи. Место для временного хранения отходов следует отводить на территории предприятия с подветренной стороны. Это место должно иметь непроницаемое для токсических веществ покрытие из бетона, керамзитобетона, полимербетона, а также отдельный ливнеотвод для отведения поверхностного стока на очистные сооружения. В местах временного хранения должна быть предусмотрена защита отходов от воздействия атмосферных осадков и ветра. Их следует оборудовать стационарными или передвижными погрузочно-разгрузочными механизмами.

Процессы, связанные с загрузкой, перевозкой и разгрузкой отходов I—III классов опасности, должны быть механизированы и герметизированы. Перевозят промышленные отходы в места обезвреживания или захоронения транспортом промышленного предприятия по строго определенному маршруту, который устанавливают органы исполнительной власти при участии СЭС и органов милиции. Транспорт для перевозки промышленных отходов должен быть специально оборудован: для пастообразных отходов должно быть шланговое приспособление для слива, для твердых и пылеобразных отходов — полиэтиленовая пленка и приспособление для разгрузки. Пылевидные отходы следует увлажнять на всех этапах работы. По окончании перевозки отходов используемые транспорт и тара должны быть очищены, вымыты и продезинфицированы на специальных площадках, оборудованных в местах обезвреживания и захоронения отходов (например, на полигонах).

Обезвреживают промышленные отходы чаще всего термическим методом или путем захоронения на полигонах.

При термическом методе на специально отведенных земельных участках строят печи, режим работы которых должен обеспечить оптимальные условия сжигания отходов при температуре 1000—1200 °С. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами, образующимися во время сжигания отходов, предотвращают при помощи газоочистных и пылеочистных сооружений. Сжигание промышленных отходов можно осуществлять как с утилизацией тепла и продуктов горения, так и без нее. Для этого обезвреживание должно производиться в специальных мусоросжигательных установках.

Захоронение токсических отходов, следует производить на специальных инженерных сооружениях — полигонах. Место расположения полигона необходимо согласовывать с местными органами санитарно-эпидемиологической службы после тщательной гидрогеологической разведки и официального заключения гидрогеологической службы о возможности строительства полигона на данном земельном участке. Полигоны следует располагать за пределами населенных пунктов с подветренной стороны с учетом преимущественного направления ветров. Размер СЗЗ от полигона до населенных пунктов должен быть не менее 3000 м. Территория должна хорошо проветриваться, не затопливаться дождевыми, талыми и паводковыми водами. Полигоны размещают ниже мест водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения по течению рек

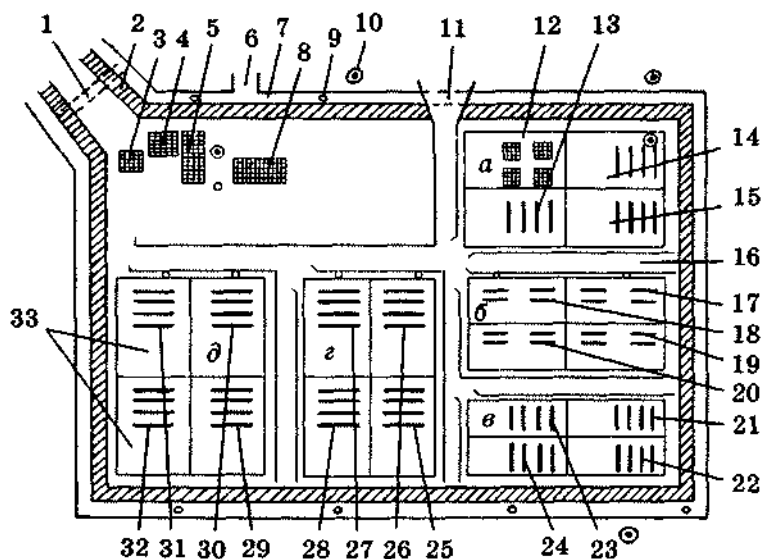


Рис. 78. Полигон для захоронения промышленных отходов:

а — участок для термического обезвреживания не утилизируемых промышленных отходов; б, в, г, д — участки для обезвреживания промышленных отходов в зависимости от класса их опасности; 1 — шлабаум; 2 — вал из кембрийской глины; 3 — контрольно-пропускной пункт; 4 — лаборатория; 5 — административное здание; 6 — магистральный канал; 7 — кольцевой канал; 8 — ремонтные мастерские; 9 — точки отбора проб воды; 10 — скважины; 11 — отвал глины; 12 — специальные печи сжигания промышленных отходов; 13—15, 17—32 — котлованы (траншеи); 16 — дорога; 33 — карты для обезвреживания промышленных отходов с различным агрегатным состоянием (жидкие, твердые, пастообразные)

и на расстоянии не менее 200 м от сельскохозяйственных угодий. Уровень залегания грунтовых вод на участках, отведенных под полигоны, должен быть не менее 20 м. Грунтовые воды должны быть перекрыты слабопроницаемыми породами с коэффициентом фильтрации не более 10^{-6} м/сут. Наклон территории полигона в сторону населенных мест, сельскохозяйственных угодий и поверхностных водоемов не должен превышать 1,5%.

Схема устройства полигона промышленных отходов приведена на рис. 78. Территория полигона по периметру обводится кольцевым каналом для дренажа глубоких грунтовых вод и перехвата атмосферных дождевых и талых вод в целях защиты территории от затопления. Кольцевой канал служит местом отбора проб воды для контроля и для отвода атмосферных вод в открытые водоемы. Для предотвращения поступления в кольцевой канал поверхностного стока с территории полигона и распространения загрязнений на прилегающей к полигону территории вдоль внутреннего периметра полигона создают вал из почвы (кембрийской или иной глины) высотой 1,5—1,7 м и шириной 3—3,5 м, которую вынимают во время копания котлована. На полигоне организуют две зоны: производственную — для захоронения отходов — и подсобно-бытового назначения, разделенные полосой шириной не менее 25 м. На расстоянии не менее 50 м от зоны подсобно-бытового назначения выделяют специальную

бетонированную площадку для мойки и обеззараживания транспорта и тары после перевозки отходов.

Производственная зона полигона имеет пять участков: на четырех из них производится захоронение промышленных отходов в зависимости от класса их опасности, а на пятом — термически обезвреживают промышленные отходы. На каждом из четырех участков, соответствующих определенному классу опасности промышленных отходов, выделяются карты с котлованами или траншеями для захоронения твердых, пасто- и пылевидных отходов различных классов опасности. Допускается захоронение в одном котловане на одной карте разноименных отходов при условии, если при совместном захоронении они не образуют более вредных или взрыво- и пожароопасных веществ. Между дном котлованов и наивысшим уровнем залегания подземных вод должен оставаться слой неповрежденной почвы шириной не менее 4 м. Размеры карт и количество котлованов определяют в каждом конкретном случае в зависимости от количества поступающих на полигон отходов и расчетного срока действия этого полигона. Полигон принимают в эксплуатацию только в установленном порядке по акту, с обязательным предварительным контролем выполнения скрытых работ (гидроизоляция дна, боковых стенок и др.).

На все отходы, ввозимые на полигон, должен быть представлен экологический паспорт с характеристикой количества и химического состава отходов, кратким описанием мер безопасности при обращении с ними на полигоне при их захоронении или сжигании и рекомендациями по оказанию первой помощи в случае острого отравления. Такой паспорт, подписанный ответственными лицами предприятия, выдают на каждый вид отходов и на каждый рейс автотранспорта.

Способ захоронения отходов на полигонах выбирают в зависимости от класса их опасности, агрегатного состояния, растворимости в воде.

Отходы III и IV классов опасности, содержащие нерастворимые в воде вредные вещества, захороняют исключительно на полигонах промышленных отходов в котлованах. Отходы выгружают в котлованы и производят послойное уплотнение. После каждой загрузки пылевидные отходы следует изолировать слоем почвы толщиной не менее 20 см, чтобы их не разносило ветром. Наивысший уровень отходов в котлованах должен быть ниже планировочной отметки прилегающей к котлованам территории не менее чем на 2 м. Ширина этой территории должна быть не менее 8 м. Захоронение возможно при условии использования почвы с коэффициентом фильтрации не более 10^{-6} м/сут.

Твердые и пастообразные отходы, содержащие растворимые в воде токсические вещества II и III классов опасности, захороняют в котлованах с изоляцией дна и боковых стенок уплотненным слоем глины толщиной 1 м и защитным экраном из полиэтиленовой пленки.

При захоронении отходов, содержащих растворимые токсические вещества I класса опасности, следует предусмотреть дополнительные меры, направленные на предотвращение их миграции. В частности, обкладывают стены и дно котлована глиной слоем толщиной не менее 1 м (коэффициент фильтрации не более 10^{-13} м/сут), укладывают на дно и закрепляют на стенах котлована

бетонные плиты, заливают места стыков битумом, гудроном или другим водонепроницаемым материалом.

Небольшое количество водорастворимых отходов, содержащих токсические вещества I класса, следует захоронять в котлованах в стальных контейнерах или баллонах со стенками шириной не менее 10 мм и с двойным контролем на герметичность (до и после заполнения), которые помещают в бетонную коробку.

Заполненные отходами котлованы изолируют уплотненным слоем земли толщиной 2 м, после чего покрывают водонепроницаемым покрытием из гудрона, цемент-гудрона, быстротвердеющих смол. Уплотненные слои и водонепроницаемые покрытия должны выступать над прилегающей к котловану территорией. Водонепроницаемые покрытия должны выходить за габариты котлована на 2—2,5 м с каждой стороны и стыковаться с покрытием соседних котлованов. Места стыков должны иметь уклон для отведения дождевых и талых вод с поверхности котлованов на специальную испаряющую площадку.

Жидкие отходы, содержащие вещества I—III классов опасности, следует обезвреживать до пастообразной консистенции еще на предприятии, до вывоза на полигон. Захоронение жидких отходов запрещено.

Горючие токсические отходы необходимо сжигать. Для этого на специально выделенной площадке полигона строят термopечь, режим работы которой должен обеспечить оптимальные условия для сжигания отходов при температуре 1000—1200 °С, исключающей загрязнение атмосферного воздуха вредными газами и пылью.

Технологические мероприятия по санитарной охране почвы — это комплекс мероприятий, направленных на выбор наиболее безопасной технологической схемы сбора и удаления бытовых отходов, а также широкое внедрение технологических схем с безотходным или малоотходным производством, т. е. таких производственных процессов, при которых сводится к минимуму образование и накопление промышленных отходов, а также содержание в них токсических веществ.

По характеру сбора твердых бытовых отходов различают две технологические схемы — унитарную и раздельную. При унитарной схеме все виды отходов собирают в одну общую тару. Удаление их для обезвреживания производится совместно. Раздельная схема предусматривает сбор отходов в отдельную тару для пищевых отходов, вторичного сырья, другого мусора и их вывоз специализированными видами транспорта в места обезвреживания и утилизации.

Для удаления твердых бытовых отходов из районов сбора в места обезвреживания существует две технологические системы: вывозная и бестранспортная. При более распространенной вывозной системе применяют специальное оборудование и транспорт для сбора и удаления отходов. Ее можно использовать в зданиях любой этажности и степени благоустройства. Бестранспортная система предусматривает пневматическое удаление отходов либо удаление твердых отходов по канализационной системе после предварительного измельчения их в струе воды в квартире или во дворе специальными дробилка-

ми. Бестранспортная система может быть использована также в индивидуальных усадьбах, когда обезвреживают твердые бытовые отходы непосредственно на их территории, чаще всего способом компостирования.

Собирают и удаляют бытовые отходы при вывозной системе двумя методами: планово-подворным и планово-поквартирным. При первом методе отходы из квартирных мусоросборников выгружают в промежуточные емкости (контейнеры), где мусор временно хранят до момента вывоза в места обезвреживания. При наличии мусоропровода отходы из квартирных сборников поступают в сборники разового использования или в стационарные мусоросборные тележки, либо в сменные, или в стационарные контейнеры. Планово-поквартирный метод очистки предусматривает перегрузку жителями отходов из квартирных сборников непосредственно в приемный бункер мусоровоза.

При планово-подворном методе в зависимости от количества обслуживаемого населения, плотности и этажности застройки, наличия в зданиях мусоропровода, способа погрузки и вывоза мусора применяют шесть технологических схем сбора и удаления твердых бытовых отходов: 1) из квартирных сборников отходы переносят в сборники малой емкости (35—40 л), а затем — в мусоровоз с уплотняющим отходы устройством; 2) из квартирных сборников отходы по мусоропроводам или вручную переносят в сборники разового пользования, а затем механизированным способом загружают в мусоровоз с уплотняющим отходы устройством; 3) из квартирных сборников отходы перегружают в стационарные мусоросборные тележки, после чего производят механизированное опорожнение их в мусоровоз, уплотнение в нем отходов и их транспортировку; 4) из квартирных сборников или по мусоропроводам отходы перегружают в сменные контейнеры; заполненные контейнеры устанавливают на машину, а пустые оставляют; 5) из квартирных сборников отходы перегружают в стационарные контейнеры, затем механизированным способом опорожняют контейнеры в мусоровозы, уплотняют и транспортируют отходы; 6) из квартирных сборников отходы перегружают на платформы контейнерных машин и транспортируют далее.

Планово-подворный метод рекомендуется применять в жилых районах многоэтажной застройки, а также для очистки от отходов учреждений и предприятий сети обслуживания. Этот метод удобен для населения, отвечает санитарным требованиям, обеспечивает высокую производительность мусоровозов при механизации погрузочно-разгрузочных работ. Условиями эффективного использования этого метода являются: правильное оборудование площадок для мусоросборников, мусоросборных павильонов и камер мусоропроводов; обеспечение достаточным количеством исправных герметических стационарных мусоросборных тележек, стационарных или сменных контейнеров; обеспечение достаточным количеством специально оборудованных мусоровозов; четкое соблюдение ежедневного графика работы мусоровозов с учетом выходных и праздничных дней; строгое соблюдение санитарно-гигиенических требований во время сбора и удаления отходов.

Планово-поквартирный метод может быть применен в условиях одно- или двухэтажной застройки при высокой ее плотности и отсутствии свободной

территории под площадки и помещения для мусоросборников. Кроме того, метод требует достаточного количества транспортных единиц. Особенности метода является четкое соблюдение населением графика перегрузки отходов в мусоровозы (в часы прибытия транспорта на территорию домовладений, кварталов, микрорайонов). Этот метод имеет ряд гигиенических преимуществ, позволяет отказаться от временного хранения бытовых отходов. В результате улучшается санитарное состояние почвы жилых территорий и обеспечивается возможность увеличения площади зеленых насаждений. Недостатком метода является то, что он неудобен для населения. Жители домов по разным причинам не всегда успевают произвести перегрузку отходов в мусоровозы, приезжающие в строго определенное время. В связи с этим бытовые отходы остаются в квартирах. Кроме того, при плано-поквартирном методе производительность мусоровозов уменьшается по сравнению с плано-подворным методом на 20%, требуется больше транспортных единиц и обслуживающего персонала.

В последнее время в области санитарной очистки наметилась экономически обоснованная тенденция к применению в крупных городах при вывозной системе двухэтапной транспортировки твердых бытовых отходов от мест их сбора к местам обезвреживания. При этом от мест сбора отходы доставляются мусоровозами на мусороперегрузочные станции, где их затем перегружают в большие мусоровозы на базе КраЗ-258 и транспортируют в места обезвреживания. Такую технологическую двухэтапную систему очистки от твердых бытовых отходов применяют в Севастополе, Днепропетровске, Москве. Необходимость в строительстве мусороперегрузочных станций возникает тогда, когда расстояние от места сбора отходов до места их обезвреживания превышает 15—20 км. Кроме автомобильных мусороперегрузочных станций, за рубежом (например, в Великобритании) получили распространение железнодорожные и речные.

Бестранспортная технологическая система удаления бытовых отходов, с гигиенической точки зрения, имеет значительные преимущества по сравнению с вывозной. При бестранспортной системе уменьшается возможность контакта человека с опасными с эпидемиологической и санитарной точек зрения бытовыми отходами, отпадает необходимость в устройстве мусоросборных площадок и павильонов, что улучшает санитарное состояние территории и воздушной среды в районе жилой застройки. Кроме того, улучшается шумовой режим территории домовладений, так как устраняется необходимость использования мусоровозов и проведения погрузочных работ. Примером такой системы удаления бытовых отходов является пневматическая система.

Планировочные мероприятия по санитарной охране почвы. Основным вопросом, который решают с помощью планировочных мероприятий по санитарной охране почвы, является правильность отведения земельного участка для строительства сооружений по утилизации и обезвреживанию твердых бытовых отходов с учетом возможности создания вокруг них СЗЗ.

Научное обоснование размеров СЗЗ вокруг таких объектов основано на экспериментально установленной максимальной дальности распространения от источников сосредоточенного загрязнения почвы химических, физических,

Размеры СЗЗ вокруг сооружений для сбора, временного хранения, обезвреживания и утилизации отходов

Сооружения	Размер СЗЗ, м
Скотомогильники с захоронениями	500
Утилизационные заводы для ликвидации трупов животных и конфискатов	500
Поля фильтрации производительностью, м ³ /сут	
до 200	200
200—5000	300
5000—50 000	500
50 000—280 000	1000
Поля орошения производительностью, м ³ /сут	
до 200	150
200—5000	200
5000—50 000	400
50 000—280 000	1000
Мусоросжигательные и мусороперерабатывающие заводы центральные	500
Мусоросжигательные и мусороперерабатывающие заводы районные	300
Поля компостирования	500
Неусовершенствованные свалки	1000
Поля захоронения	1000
Поля ассенизации	1000
Участки компостирования твердых отходов и нечистот населенного пункта	500
Полигоны складирования промышленных отходов	3000
Усовершенствованные свалки для твердых отходов	500
Кладбища	300
Центральные базы для сбора утильсырья	3000
Скотомогильники с биологическими камерами	300
Сливные станции	300
Участки для парников, теплиц с использованием мусора	300
Компостирование мусора без навоза и фекалий	300
Базы районного значения по сбору утильсырья	100
Механизированные транспортные парки для очистки населенных пунктов	100

биологических загрязнителей по воздуху, подземным водам или с поверхностным стоком. Размеры СЗЗ для некоторых источников сосредоточенного загрязнения почвы приведены в табл. 54. При осуществлении планировочных мероприятий по санитарной охране почвы большое значение имеет правильное зонирование территорий по обезвреживанию и утилизации отходов, правильная организация подъездов для мусоровозов и т.д.

Законодательные, организационные и административные мероприятия. Среди этих групп мероприятий наиболее важными являются разработка и внедрение законодательных актов национального и международного уровней, направленных на регулирование процессов образования и обезвреживания отходов, взаимодействие государственных и частных коммерческих струк-

тур, производств, отдельных граждан в области хранения отходов. Проблема утилизации отходов является актуальной для всех индустриальных стран мира. Примером международного сотрудничества в этой области является проведение Международной конференции в Рио-де-Жанейро в 1995 г., на которой была принята 21-я резолюция. В этом документе разработаны общие подходы разных стран к проблеме обращения с отходами, направленные на изменение мировоззрения граждан, общественно-социальная деятельность которых является основным фактором образования отходов. Распространение принципа "NIMBY" (not in my backyard) — "только не на моем дворе", достаточно усложнило поиски новых мест для обустройства свалок и других объектов для захоронения и переработки отходов. В 1995 г. Европейский Союз утвердил "принцип близости", согласно которому отходы следует перерабатывать как можно ближе к месту их образования. Отходы не могут быть предметом экспорта в страны, где их переработка обходится дешевле или действуют менее жесткие требования к защите окружающей среды.

Направление действий международного сообщества по положениям 21-й резолюции в сфере управления отходами можно изложить следующими тезисами:

1. Сокращение количества отходов:

- сокращение или стабилизация количества отходов, подлежащих депонированию;
- внедрение производителями обязательного контроля за качественным составом отходов и их количеством;
- внедрение мероприятий по сокращению токсических и потенциально опасных для окружающей среды отходов;
- разработка государственных планов снижения количества отходов.

2. Развитие безопасных для окружающей среды технологий вторичного использования и утилизации отходов:

- усиление государственных систем вторичного использования и утилизации отходов;
- доступ к достоверной информации;
- поощрение вторичного использования и утилизации отходов;
- разработка государственных планов вторичного использования отходов;
- выполнение программы информирования общественности по проблеме.

3. Стимулирование безопасного для окружающей среды депонирования отходов:

- разработка государственных планов управления отходами;
- поощрение переработки отходов в пределах каждой страны;
- депонирование отходов по принципу "производитель отходов платит".

Таким образом, под законодательными мероприятиями в области санитарной охраны почвы следует понимать систему юридически закреплённых документами мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения почвы, обеспечения рационального использования земельных ресурсов в интересах сохранения и укрепления здоровья населения. В законодательных документах определены обязанности и права предприятий, учреждений, организаций, отдельных граждан относительно санитарной охраны почвы.

Государственный санитарный надзор в области санитарной охраны почвы и очистки населенных мест

Санитарная охрана почвы предусматривает: проведение мероприятий по предотвращению ее загрязнения бытовыми и промышленными твердыми и жидкими отходами, минеральными удобрениями, пестицидами и другими экзотическими химическими веществами; надзор за правильным устройством, содержанием и эксплуатацией сооружений по обезвреживанию, ликвидации и утилизации отходов; контроль за применением безопасных методов рекультивации земель и рациональным их использованием.

При проведении текущего и предупредительного санитарного надзора в области санитарной охраны почвы населенных мест врач-гигиенист руководствуется законодательными и официальными документами.

Предупредительный санитарный надзор в области санитарной охраны почвы и очистки населенных мест включает участие врача-гигиениста: 1) в отведении земельных участков под строительство сооружений для сбора, удаления, обезвреживания и утилизации твердых и жидких бытовых отходов; 2) в оценке схем санитарной очистки населенных мест; 3) в санитарной экспертизе генеральной схемы очистки населенных мест; 4) в экспертизе проектов строительства специализированных автохозяйств, сооружений для обезвреживания и утилизации твердых и жидких отходов, в контроле хода строительства и приемке указанных объектов в эксплуатацию; 5) в согласовании предельно допустимых уровней внесения и условий использования пестицидов; 6) в отведении земельных участков для складов пестицидов и минеральных удобрений, площадок для протравливания зерна, пунктов обработки авто- и авиатранспорта; 7) в экспертизе проектов складов для хранения химических средств защиты растений и сооружений по их обезвреживанию, в надзоре за их строительством и приемкой в эксплуатацию.

Одной из основных задач предупредительного санитарного надзора является выбор земельного участка под строительство сооружений по сбору, хранению, удалению, обезвреживанию и утилизации отходов. Он предусматривает решение трех основных задач: 1) оценка достаточности площади отведенного земельного участка; 2) выяснение возможности установления СЗЗ необходимых размеров между указанными сооружениями и жилыми (общественными) зданиями и водозаборными сооружениями; 3) оценка пригодности земельного участка по почвенным и гидрогеологическим условиям (вид почвы, ее фильтрационная способность, уровень залегания грунтовых вод, в отдельных случаях — направление и скорость грунтового потока).

Оценивая схему санитарной очистки населенного пункта, врач-гигиенист прежде всего должен знать степень его благоустройства, а именно наличие или отсутствие канализации, так как от этого будет зависеть выбор одного из трех возможных вариантов удаления твердых и жидких отходов: 1) в полностью канализованном населенном пункте все жидкие и частично измельченные

твердые отходы сплавляют по канализационной сети, а для удаления большинства твердых отходов используют вывозную систему (санитарная очистка); 2) в частично канализованном населенном пункте для удаления жидких отходов из канализованной части города используют канализацию, а из неканализованной части — вывозную систему (ассенизацию); для удаления твердых отходов со всей территории города — вывозную систему (санитарная очистка); 3) в неканализованном населенном пункте для удаления как твердых, так и жидких отходов используют вывозную систему, т. е. санитарную очистку и ассенизацию.

Применительно к принятой схеме санитарной очистки населенного пункта врач-гигиенист оценивает расчетную потребность в установках по сбору, временному хранению, удалению и обезвреживанию отходов.

Основной задачей предупредительного санитарного надзора в области санитарной охраны почвы и очистки населенных мест является проведение экспертизы проектов генеральной схемы очистки населенных мест. В практике врача-гигиениста возможны две ситуации: 1) экспертиза самостоятельного проекта генеральной схемы очистки; 2) экспертиза проекта генеральной схемы очистки как отдельного раздела в составе проекта планировки и реконструкции населенного пункта. Чаще всего врач-гигиенист контролирует организацию и внедрение планово-регулярной системы очистки. Если в первом случае врач-гигиенист должен оценить правильность организации санитарной очистки, то во втором — ему необходимо принять активное участие в ее внедрении.

Общая схема работы, которой должен придерживаться врач-гигиенист во время экспертизы проекта генеральной схемы очистки населенного пункта, включает несколько этапов.

1. Проверка полноты представленных материалов. (Проект генеральной схемы очистки состоит из пояснительной записки, графического материала и приложений).

2. Подбор и ознакомление с официальными действующими нормативными документами, на основании которых производится санитарная экспертиза.

3. Ознакомление с паспортными данными проекта: название, организация-разработчик, авторы, год разработки.

4. Ознакомление с характеристикой населенного пункта (численность населения, состояние жилого фонда, его благоустройство, количество и мощность общественных учреждений, предприятий общественного питания и коммунального обслуживания, общая площадь тротуаров и проезжей части дорог), природными и климатическими показателями (среднегодовая температура, количество осадков, рельеф местности, уровень стояния грунтовых вод, наличие непригодных для земледелия территорий), показателями заболеваемости населения кишечными инфекциями и гельминтозами. Этот предварительный этап работы необходим для ознакомления с санитарной ситуацией в населенном пункте и принятия эффективных и обоснованных решений по внедрению мероприятий санитарной очистки.

5. Обоснование системы удаления с территории населенного пункта твердых и жидких отходов.

6. Оценка порядка внедрения планово-регулярной системы очистки. Генеральная схема должна включать порядок внедрения планово-регулярной очистки населенного пункта, очередность охвата территории и календарные сроки. В первую очередь следует предусмотреть внедрение очистки в районах города с многоэтажной застройкой и большой плотностью населения, а также в районах города с повышенной заболеваемостью кишечными инфекциями и гельминтозами.

7. Проверка расчетов количества твердых отходов, образующихся на территории, охваченной планово-регулярной системой очистки. При проверке расчетов пользуются средними и дифференцированными нормами накопления отходов. Под средней нормой следует понимать среднее количество бытовых отходов, накапливающихся в населенном пункте в расчете на 1 жителя в год независимо от условий образования. Дифференцированная норма учитывает условия накопления твердых бытовых отходов и представляет собой то их количество, которое накапливается в течение года на данном объекте на одну расчетную единицу (1 человек для жилых зданий, 1 койка — в больнице и т. д.).

Средние нормы накопления используют при расчете потребности в специализированном автотранспорте, для обоснования площади территории для мест обезвреживания, утилизации и ликвидации отходов, при определении размеров финансовых расходов для осуществления мероприятий по санитарной очистке и т. п. Дифференцированные нормы накопления используют при организации санитарной очистки на конкретных объектах, а также при расчетах за выполненную работу по удалению отходов. В крупных городах средняя норма накопления твердых отходов составляет от 0,5 до 0,8 м³ в год на 1 жителя.

8. Оценка выбора способов обезвреживания, ликвидации и утилизации твердых отходов. При выборе способов обезвреживания отходов врач-гигиенист должен придерживаться следующих гигиенических принципов: ликвидация неорганизованных свалок, устройство организованных методов очистки (усовершенствованные свалки, поля компостирования), утилизация и обезвреживание отходов промышленными методами (мусороперерабатывающие и мусоросжигательные заводы).

9. Гигиеническая оценка оборудования и устройства отдельных сооружений по обезвреживанию и ликвидации твердых отходов. При осуществлении этого этапа экспертизы необходимо прежде всего проверить соответствие количества поступающих на обезвреживание отходов производительности сооружений. Примеры расчетов производительности некоторых сооружений приведены в табл. 55.

Следует помнить о необходимости включения в проект санитарной очистки населенного пункта мероприятий по консервации и дальнейшей рекультивации свалок или усовершенствованных полигонов для твердых бытовых отходов. После того как исчерпалась производительность полигона, при отсутствии четкой и экономически реальной схемы его закрытия он может представлять существенную эпидемическую и экологическую опасность, стать источником распространения инфекций, поступления в объекты окружающей среды различных химических загрязнителей. Поэтому при закрытии свалки необходимо:

Расчет производительности сооружений для обезвреживания отходов

Сооружение	Формулы расчета и условные обозначения
Биотермическая камера	$V_p = a \cdot t \cdot n \cdot k^{-1},$ где V_p — объем камеры при однократном заполнении (m^3); a — норма суточного накопления отходов на 1 человека (m^3); t — время обрабатываемости камеры (сут); n — количество жителей в населенном пункте; k^{-1} — коэффициент использования внутренней емкости камеры (0,65^м); $V_n = V_p \cdot (1 + y)^{-1},$ где V_n — объем камеры при постепенном заполнении (m^3); y — коэффициент уплотнения отходов, зависящий от продолжительности заполнения каждой секции (в случае 2 секций и продолжительности загрузки 30 сут принимается 0,4; 3 секций и продолжительности 15 сут — 0,2). Если секций более 4, коэффициент уплотнения не учитывается
Поля компостирования	$S = 0,13 \cdot A \cdot Y^{-3},$ где S — площадь полей компостирования (га); 0,13 — площадь на 1000 жителей; A — количество жителей в населенном пункте
Поля ассенизации	$S = M \cdot r \cdot t \cdot n^{-1},$ где S — площадь полей ассенизации (га); $M \cdot r$ — годовое накопление жидких отходов (m^3); t — севооборот; n — норма нагрузки ($m^3/га$)
Поля захоронения	$S = M \cdot r \cdot n^{-1}$

1) немедленно прекратить эксплуатацию полигона при его заполнении на полную мощность в соответствии с проектом; 2) ликвидировать очаги самовозгорания мусора; 3) перекрыть поверхности и боковые стенки свалки, состоящие из мусора, слоем почвы толщиной не менее 1,5–2 м; 4) провести рекультивационные (восстановительные) мероприятия лесохозяйственного направления; 5) организовать мониторинг (наблюдение) за санитарным состоянием свалки после закрытия и объектов вокруг нее.

Поскольку гумификация органических веществ в толще свалки и обезвреживание спорообразующих форм патогенных микроорганизмов могут продолжаться 20–25 лет, целесообразно на территории свалки создавать лесные массивы с перспективой организации рекреационных и ландшафтных зон.

Важным моментом текущего санитарного надзора является организация контроля за свалкой и окружающей территорией, как в процессе эксплуатации объекта, так и после его закрытия. Контроль за свалкой производят по четырем направлениям:

1) эмиссия газообразных веществ (качественный состав выбросов; газовый состав почвы, т. е. состав почвенного воздуха за пределами свалки; качество атмосферного воздуха вокруг свалки;

2) стоки (количество фильтрата, образуемого на фундаменте свалки; количество поверхностных стоков, отводимых с ее территории; качественный состав поверхностных стоков; качественный состав фильтрата после очистки на локальных очистных сооружениях);

3) вода (качество грунтовой воды и воды поверхностных водоемов за пределами свалки);

4) усадка (степень и скорость усадки отходов после закрытия свалки).

Относительно новым как в мировой практике, так и в Украине является метод так называемой санации свалок, когда раскапыванием удаляют содержимое старых, отработанных свалок (без окончательного покрытия или при его наличии) с целью подготовки участка под новое строительство и добычу полезного материала (черных и цветных металлов, пластика, резины и др.). Дефицит пригодных территорий для строительства новых свалок является одной из причин инновационного процесса санации закрытых для складирования отходов свалок. Преимущества этого метода: 1) полная ликвидация свалки, рекультивация земли для повторного использования; 2) повышение технического уровня свалки в соответствии с современными стандартами; 3) уменьшение размеров свалки с целью уменьшения ее воздействия на окружающую среду; 4) возможность предупредить затраты, связанные с организацией мониторинга влияния свалки на окружающую среду; 5) утилизация продуктов биодеструкции органических веществ, которые можно использовать как покрытие для свалки. Метод санации, с успехом использующийся в странах с переходной экономикой, нуждается в гигиеническом обосновании и разработке нормативных документов в отношении санитарно-эпидемиологической безопасности труда персонала и охраны окружающей среды.

Контроль за сбором, хранением и удалением твердых отходов возложен на учреждения коммунального хозяйства, жилищно-эксплуатационные конторы и органы внутренних дел. Органы милиции через аппарат участковых уполномоченных должны проводить ежедневный надзор за содержанием улиц, площадей, рынков, парков, стадионов и других мест общественного пользования, а также за санитарным состоянием домовладений. Врач-гигиенист выборочно знакомится с этапами очистки, собирает фактический материал для разработки мероприятий, направленных на рационализацию системы сбора, хранения и удаления отходов, и обосновывает предложения, выносимые на утверждение городскими или областными исполкомами.

Текущий санитарный надзор осуществляют в соответствии с годовым планом работ, утвержденным главным государственным санитарным врачом района. Высокоэффективное проведение текущего санитарного надзора за санитарной очисткой населенных мест предусматривает:

- контроль за проведением мероприятий по усовершенствованию санитарной очистки населенных мест (организация или расширение охвата населенного пункта плано-регулярной системой очистки, улучшение обеспеченности мусоросборниками и специализированным автотранспортом, внедрение эффективных методов обезвреживания и утилизации отходов, организация надзора за мероприятиями по очистке населенных мест и проведение санитарно-просветительной работы);
- своевременную постановку перед местными органами власти вопросов текущего или перспективного планирования мероприятий по усовершенствованию санитарной очистки населенного пункта;
- административное влияние на служебных лиц и домовладельцев.

Сооружения для обезвреживания и утилизации отходов (третий элемент очистки) являются обязательными коммунальными объектами, за которыми

врач-гигиенист должен осуществлять текущий санитарный надзор. Рекомендуются следующие сроки посещения этих сооружений: компостных установок для компостирования в сельской местности — дважды в год (октябрь и апрель для 1 и 2-го климатических районов); полей ассенизации, усовершенствованных свалок, биотермических камер, полей компостирования, скотомогильников, специализированных автотранспортных хозяйств — 1 раз в квартал; мусороперерабатывающих заводов, механизированных установок для переработки мусора, мусоросжигательных станций, утилизационных заводов, сливных станций, базисных складов вторичного сырья — 1 раз в месяц.

Текущий санитарный надзор за сооружениями по обезвреживанию и утилизации отходов включает: 1) проверку правильности устройства и эксплуатации оборудования; 2) отбор проб обезвреженных отходов и контроль за эффективностью их обезвреживания (компост можно разрешить к использованию при коли-титре, равном 1, и отсутствии жизнеспособных яиц гельминтов); 3) изучение влияния сооружений по утилизации и обезвреживанию отходов на окружающую среду; 4) контроль за условиями труда и состоянием здоровья обслуживающего персонала.

На усовершенствованных свалках должно быть предусмотрено складирование отходов на специально подготовленной водонепроницаемой основе толщиной не меньше 0,5 м из материалов с коэффициентом фильтрации 10^{-5} см/с. Таким требованиям отвечают глина, суглинки, песчаник или каменные породы без трещин. Если почвы участка, отведенного под усовершенствованную свалку, водопроницаемые, создают искусственное основание из привозного материала с последующим его уплотнением. На подготовленное основание выгружают отходы, разравнивают их бульдозером, чтобы образовался слой толщиной 0,2—0,3 м, и уплотняют. На уплотненный слой отходов выгружают следующий слой. Общая высота рабочего слоя отходов не должна превышать 2 м. Рабочий слой отходов перекрывают промежуточным изоляционным слоем почвы высотой не менее 0,25 м.

В качестве материала для изолирующего слоя целесообразно использовать хорошо уплотненные суглинистые и супесчаные почвы с влажностью 30—50%. Можно применять также строительный мусор и шлак. На промежуточный изолирующий слой почвы складывают следующий рабочий слой отходов толщиной 2 м. Общее количество слоев отходов зависит от запроектированной мощности свалки. Промежуточный изолирующий слой почвы насыпают не позднее, чем через сутки от начала отсыпки рабочего слоя отходов, а в холодный период года — через 3 сут.

Длительность обезвреживания и минерализации отходов в верхних слоях свалки составляет 15—20 лет после ее закрытия. Ориентировочные размеры земельного участка усовершенствованной свалки — 0,02—0,05 га на 1000 т отходов в год. СЗЗ должна быть не менее 500 м.

При текущем санитарном надзоре за полями компостирования врач-гигиенист должен контролировать наличие ограждения территории водоотводными каналами для защиты от ливневых и талых вод, наличие и размеры СЗЗ, способ ликвидации не утилизируемой части отходов.

Штабеля твердых отходов размещают параллельными рядами на расстоянии 3 м один от другого. Подъезды к ним должны быть шириной 6 м и иметь твердое покрытие. В основание штабелей бытовых отходов укладывают влагоемкие материалы для задержания жидкости, образующейся в процессе компостирования. Отходы следует укладывать без уплотнения.

Ориентировочные размеры участка полей компостирования — 1–2 га на 1000 т отходов в год (80% территории занимают штабеля, 15% — проезды и водоотводные каналы, 5% — хозяйственная зона). Более точно площадь полей компостирования можно рассчитать по формулам, приведенным в табл. 55. Созревание компоста в зависимости от климатических условий и времени закладки продолжается от 5 до 12 мес, пока не образуется рыхлая, темно-коричневая масса, лишенная запаха и не привлекающая мух. Созревшую компостную массу после контроля на содержание тяжелых металлов и других загрязнителей техногенного происхождения можно использовать в качестве органического удобрения.

При обследовании биотермических камер для обезвреживания твердых бытовых отходов обращают внимание на количество секций в них, наличие аэраторов, пристенных козырьков, решеток и вентиляционных башен. Полы камеры должны быть водонепроницаемыми с уклоном 0,01% в сторону пристройки для отведения жидкости, образующейся в процессе компостирования (10–15% от массы отходов). Для обеспечения нормального течения биотермического процесса продолжительность загрузки камеры должна составлять не более 4 дней. Непрерывность процесса загрузки отходов и получения компоста обеспечивается устройством нескольких камер. Территория участка, на котором размещают биотермическую камеру, должна составлять 0,05–0,1 га на 1000 м³ отходов, перерабатываемых в год. На участке располагают склады для хранения утиля и компоста, площадку для отделения от компоста крупных балластных фракций (металл, стекло и т. п.) Продолжительность компостирования в биотермических камерах составляет 40 сут летом и 60 сут зимой. СЗЗ должна быть не менее 300 м.

Оценку санитарного состояния почвы врач-гигиенист проводит на основании данных санитарного обследования и результатов лабораторного анализа проб почвы. Критерием эффективности работы сооружений по обезвреживанию твердых бытовых отходов является эпидемическая безопасность продуктов переработки отходов.

Эксплуатация объектов по обезвреживанию отходов не должна оказывать неблагоприятного влияния на здоровье и санитарные условия проживания населения. При проведении текущего санитарного надзора тщательному контролю подлежат условия труда персонала, обслуживающего установки, организация медицинской помощи и диспансерного наблюдения за здоровьем персонала. Раз в год весь персонал должен проходить медицинский осмотр и обследование на носительство возбудителей кишечных инфекций и яиц гельминтов. При обнаружении глистных инвазий обязательно проводят дегельминтизацию и делают отметку в личной медицинской книжке работника о дате ее проведения и эффективности.

РАЗДЕЛ
IV
САНИТАРНАЯ ОХРАНА
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Гигиеническое значение атмосферного воздуха

Атмосфера — это газовая оболочка Земли массой почти $5,157 \times 10^{15}$ т, а масса нашей планеты составляет $5,98 \times 10^{21}$ т. В атмосфере различают несколько слоев: тропосферу и стратосферу, разделенные переходным слоем — тропопаузой, а также мезосферу (от стратосферы отделяется стратопаузой), ионосферу и термосферу. Внешняя часть термосферы называется магнитосферой. В ней частицы газов (ионы) удерживаются не столько земным притяжением, сколько магнитным полем Земли.

Кроме того, атмосферу разделяют на нижнюю (до 30 км — тропосфера и тропопауза), среднюю (от 30 до 100 км — стратосфера, мезосфера и мезопауза) и верхнюю (свыше 100 км — ионосфера и термосфера).

В тропосфере (в переводе с греч. "тропейн" означает — поворачивать, или изменять) сосредоточено почти 80% всей массы атмосферы. Простирается она от поверхности Земли на 16,3 км в тропиках (30° северной широты и до 30° южной широты) и на 8,5—10 км вне этой зоны. В тропосфере температура снижается с увеличением высоты с вертикальным градиентом 6,5 °С на 1 км, достигая в средних широтах 60 °С, в тропиках — почти 75 °С. В тропосфере происходят основные процессы превращения энергии Солнца в кинетическую энергию атмосферных движений, скрытое тепло водяного пара. Здесь протекают главные фазовые перепады влажности, формируются тучи и осадки. В тропосфере возникают масштабные вихри — циклоны и антициклоны, происходит непрерывный круговорот воды: испарение — конденсация пара — формирование осадков — формирование поверхностного стока рек и подземного стока.

Нижний смежный слой атмосферы толщиной 1,0—1,5 км называют планетарным смежным, определяющим фактором которого является турбулентное трение. В этом слое происходит обмен импульсом, теплом и влагой между подстилающей поверхностью (поверхностью суши и океана) и атмосферой. Наиболее активны эти процессы в нижней части планетарного смежного слоя толщиной почти 30—50 м. Этот слой называется *приземным*.

Переходный слой (тропопауза) отделяет тропосферу от стратосферы. В тропопаузе наблюдаются очень слабые вертикальные движения, перемешивание,

что важно, в частности, для распределения в стратосфере незначительных газовых примесей. Температура низкая.

Стратосфера, содержащая наибольшую часть атмосферного озона, очень сухая. В отличие от тропосферы стратосфера является очень стойким слоем. Соединения, попадающие в стратосферу, остаются в ней несколько лет. На высоте более 35 км температура заметно возрастает и на высоте 50 км она составляет 270 К. Это обусловлено поглощением солнечной УФ-радиации.

Над стратосферой расположена мезосфера, отделенная от стратосферы стратопазузой. В мезосфере температура воздуха снижается с увеличением высоты и достигает 160 К в верхней ее части. Это способствует конденсации водяного пара и образованию на высоте почти 80 км так называемых мезосферных туч.

Мезопазуза, расположенная на высоте 85 км, отделяет мезосферу от термосферы, в которой температура начинает резко возрастать с высотой до 2000 К в периоды большой и до 1060 К — малой солнечной активности (ночью — до 1300 и 730 К соответственно).

В термосфере (на высоте более 100 км) существенно изменяется состав воздуха: распадаются молекулы H_2O и CO_2 . Значительная часть молекул кислорода диссоциирует на атомы. В этом слое усиливается ионизация частиц газов и возникает так называемый слой ионосферы.

Таким образом, нижняя атмосфера как неотъемлемая часть биосферы является воздушной средой земной жизни. Ученые в старину считали окружающий воздух одной из составных частей Вселенной. Древнегреческий философ Анаксимен в IV в. до н. э. называл воздух первоматерией, а Аристотель — одним из четырех элементов, из которых состоят все вещества в природе. Гиппократ писал: "Воздух — это пастбище жизни". Если человек без воды может прожить почти 5 сут, без еды — 5 нед, то без воздуха — лишь 5 мин. И если он употребляет в сутки до 3 л воды, до 3 кг продуктов, то через сотни миллионов альвеол легких площадью 60—120 м² проходит 10—12 м³ воздуха в сутки, или 1 000 000 м³ — при жизни. За 1 мин человек делает 18 дыхательных движений, вдыхая каждый раз 0,5 л воздуха. И это в положении сидя или лежа, без физической нагрузки. А если он физически работает, то ему в сутки необходимо до 30 м³ воздуха. Дыхательная система человека — самый совершенный фильтр, который очищает вдыхаемый воздух, отделяет твердые и жидкие примеси. В носовой полости улавливаются лишь грубые частицы пыли. Частицы пыли диаметром 10 мкм оседают в бронхах, а еще меньшие (10—0,1 мкм) — в альвеолах. Из каждого литра вдыхаемого воздуха в легких задерживается 0,5 мг чужеродных веществ, что составляет 6,5 г/сут. Легкие — это открытые ворота во внутреннюю среду организма, где происходит контакт воздуха с кровью. В крови растворяются вещества, которые она разносит по организму. При этом кровь минует печень, этот естественный барьер дезинтоксикации. Поэтому вредные вещества, поступающие через легкие, действуют в 100 раз сильнее, чем поступающие через пищеварительный канал. И если человек может выбирать питьевую воду и еду, то он не может выбрать воздух. Атмосферный воздух влияет на человека непрерывно. Если даже в атмосферном воздухе насе-

Состав сухого воздуха (без учета водяного пара)
вблизи поверхности Земли

Газ	Доля* по объему вблизи поверхности	Относительная молекулярная масса (по углеродной шкале)	Плотность относительно плотности сухого воздуха
Азот (N ₂)	78,084	28,0134	0,967
Кислород (O ₂)	20,084	31,9988	1,105
Аргон (Ar)	0,934	39,948	1,379
Углерода диоксид (CO ₂)	0,033	44,00995	1,529
Неон (Ne)	1,818 x 10 ⁻³	20,183	0,095
Гелий (He)	5,239 x 10 ⁻⁵	4,0026	0,138
Криптон (Kr)	1,14 x 10 ⁻⁴	83,800	2,868
Водород (H ₂)	5 x 10 ⁻⁵	2,01594	0,070
Ксенон (Xe)	8,7 x 10 ⁻⁶	131,300	4,524
Озон (O ₃)	10 ⁻⁶ —10 ⁻⁵	47,9982	1,624
Сухой воздух	—	28,9645	1,000

* Выраженное впроцентах отношение объема этой составляющей части к общему объему смеси при одинаковых давлении и температуры.

ленного пункта содержится в соответствии с гигиеническими нормами, например, от 3 до 5 мг/м³ углерода оксида, то человек на протяжении жизни вдохнет 3 000 000—5 000 000 мг углерода оксида, или 3—5 кг. Человек предъявляет высокие требования к составу атмосферного воздуха. Чем чище воздух, тем полнее усваивается организмом кислород, активнее происходит газообмен в его тканях.

Продолжительное время считали, что воздух состоит из однородного вещества. И только во второй половине XVII в. французский химик Антуан Лавуазье установил, что воздух — это сложная смесь газов (табл. 56).

Шотландский ученый Резерфорд открыл газ, который он назвал азотом. Азот играет важную роль в круговороте веществ в природе. Азот воздуха усваивается некоторыми видами бактерий (клубеньковыми, азотфиксирующими) и сине-зелеными водорослями, которые синтезируют из него азотистые органические соединения. Под влиянием атмосферных разрядов электричества также образуется небольшое количество азота оксидов, вымывающихся из атмосферы осадками и обогащающих почву солями азотистой и азотной кислот. Соли азотистой кислоты превращаются при участии почвенных бактерий в нитраты. Нитраты и соли аммиака — соединения, усваивающиеся растениями и принимающие участие в синтезе белков. Ежегодно связывается 375 x 10⁶ т атмосферного азота: 357 x 10⁶ т ассимилируется живыми организмами, а 18 x 10⁶ т связывается в результате физических явлений. Часть азотистых веществ распадается с восстановлением до газообразного азота (процесс денитрификации). В процессе горения связанный азот превращается в свободный. Биологическое значение азота не ограничивается его участием в круговороте азотистых веществ. Он также разбавляет кислород, так как (в чистом кислороде жизнь невозможна).

Шведским химиком Шееле в конце XVIII в. был выделен кислород. *Кислород* — это составная часть органических веществ, в частности белков, жиров, углеводов. В природе непрерывно происходят процессы потребления кислорода: дыхание человека и животных, процессы горения и окисления. В то же время наблюдаются и обратные процессы. Наиболее важным из них является фотосинтез. Растения поглощают углерода диоксид, расщепляют его и усваивают углерод, а освобожденный кислород выделяют в атмосферу. Источником образования кислорода является также фотохимическое разложение водяного пара в верхних слоях атмосферы под действием ультрафиолетового излучения Солнца. Затем в воздухе были выявлены углерода диоксид, водяной пар, а в конце XIX в. — инертные газы.

Углерода диоксид образуется вследствие жизнедеятельности организмов, процессов горения, гниения, брожения. При снижении парциального давления углерода диоксида он выделяется из воды морей и океанов. Углерода диоксид ассимилируется растениями в процессе фотосинтеза, а освобожденный кислород поступает в атмосферу. Он также играет важную роль в радиационном балансе и изменении климата Земли. Установлено, что свыше 100 млрд т органических веществ образует растительность Земли вследствие фотосинтеза, в процессе которого усваивается почти 200 млрд т углерода диоксида и выделяется 145 млрд т кислорода.

Инертные газы не вступают в химические реакции. *Водород* непрерывно поступает в межпланетное пространство. Некоторое его количество образуется во время фотохимических процессов. Он входит в состав органических веществ и усваивается живыми организмами в виде соединений, главным образом воды. В процессе распада органических веществ выделяется в виде воды, метана, сероводорода, аммиака.

Озон является важной составной частью верхних слоев атмосферы. Образуется преимущественно на высоте почти 30 км, где солнечная УФ-радиация с волной длиной не менее 242 нм вызывает диссоциацию молекулярного кислорода (O_2) с образованием атомарного кислорода (O). Последний быстро взаимодействует с молекулярным кислородом, образуя озон. В нижних слоях атмосферы озон образуется вследствие адсорбции солнечной радиации азота диоксидом. Большая его часть содержится в стратосфере в виде слоя с максимумом концентрации (иногда до 300 мкг/м³) на высоте 20—26 км. Общее содержание озона в столбе атмосферы эквивалентно 0,20—0,67 см слоя озона при нормальных давлении и температуре. Концентрация озона в атмосфере районов, отдаленных от источников загрязнения, достаточно постоянна, и ее колебания зависят от сезона и метеорологических условий. Среднемесячная концентрация озона в зависимости от широты местности и периода года может колебаться в пределах 10—80 мкг/м³. Озоновый слой поглощает коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца (длина волны 240—320 нм).

По данным табл. 56, на долю трех основных газов (N_2 , O_2 и Ar) приходится 99,96% массы атмосферы, а на долю остальных — лишь 0,04%. Эти газы содержатся примерно в постоянном соотношении на высоте 100 км. Могут ли изменяться природный состав атмосферного воздуха и соотношение названных вы-

ше газов? Обратимся к хронике развития промышленности как в нашей стране, так и за рубежом. Технический прогресс, развитие разных отраслей промышленности, транспорта, химизация сельского хозяйства, строительство городов обусловили появление в атмосферном воздухе таких чужеродных ингредиентов, как свинец, марганец, фтор, мышьяк и др. Задымление промышленных городов приобрело значение фактора санитарного неблагополучия, что неблагоприятно повлияло на здоровье населения и ухудшило санитарно-бытовые условия жизни. Острой стала проблема санитарной охраны атмосферного воздуха населенных мест. Проводить исследования в этой отрасли начали после организации кафедр гигиены на медицинских факультетах университетов. Первую такую кафедру организовал А.П. Доброславин в Петербургской медико-хирургической академии в 1871 г. Он основал и первую гигиеническую лабораторию для проведения экспериментальных исследований. В этот период земскими санитарными врачами были обследованы фабрики, заводы, исследованы условия жизни рабочих. Ученые и практики впервые указали на зависимость заболеваемости населения от загрязнения атмосферного воздуха. Эта проблема переросла рамки местной и приобрела статус региональной и международной. Случаи массовых отравлений населения в промышленно развитых странах атмосферными загрязнениями привлекли внимание мировой общественности, ученых-гигиенистов. Так, в декабре 1930 г. в Бельгии, в долине реки Маас длиной 24 км, где между холмами высотой 75—120 м расположены сталелитейные, цинкоплавильные производства, заводы по изготовлению стекла, серной кислоты и минеральных удобрений, печи для обжига извести, в результате антициклона, сопровождавшегося с высоким барометрическим давлением, слабым ветром и температурной инверсией, образовался туман с запахом сернистого газа. Туман появился 1 декабря и продолжался 5 сут. Вскоре местные жители начали жаловаться на недомогание. Действие высоких концентраций серы диоксида и твердых аэрозолей привело к затруднению дыхания, раздражению слизистых оболочек носа, горла, глаз. Резь в глазах, насморк, сухой кашель, астения, тошнота, головная боль, мышечные судороги переходили в кашель с выделением мокроты. Бронхоспазм заканчивался удушьем. В течение 5 сут содержание серы диоксида превышало $\text{ПДК}_{\text{ср сут}}$ в 40—80 раз. На 4-е сутки появились первые сообщения о летальных случаях. Заболели несколько сотен человек, из них 60 умерли. Среди пострадавших преобладали дети и люди пожилого возраста с хроническими процессами в дыхательных путях и поражением сердечно-сосудистой системы.

Вскоре после этого, в январе 1931 г., за 9 сут задымления в районе Манчестера и Солфорда (Англия) умерли 592 человека. Очередная катастрофа случилась в октябре 1948 г в г. Донора (штат Пенсильвания, США), расположенном на берегу реки Мононгахила, на дне глубокой долины, которая лежит на 150 м ниже окружающей территории с химическими и сталеплавильными заводами. 26 октября над Западной Пенсильванией образовались температурная инверсия и область высокого давления. По наблюдениям летчиков, инверсионный слой локализовался на высоте менее 300 м над городом. Ветры в нижних 800 м атмосферы были очень слабые. Ночью образовался туман. Промышленные за-

грязнения сконцентрировались между склонами долины и инверсионным слоем. На 4-е сутки началось массовое поражение дыхательных путей у жителей города. За 5 сут задымления заболела почти половина из 14 тыс. населения. Двадцать человек умерли. Очень тяжелое течение болезни наблюдалось у людей с бронхиальной астмой, хроническим бронхитом и сердечной недостаточностью. В процессе расследования этиологическим фактором был признан серы диоксид.

Весь мир потрясла трагедия, случившаяся в 1952 г. в Лондоне в долине Темзы. За 2 нед во время тумана умерли 2,5 тыс. человек, а когда туман рассеялся общее количество летальных случаев превысило 4 тыс. В период тумана содержание сажи по сравнению со средним уровнем возросло в 5 раз, серы диоксида — в 6 раз. Основными загрязнителями атмосферы, которые вызвали массовое поражение людей, были признаны продукты сгорания угля и его производные. Подобные случаи наблюдались в Лондоне, начиная с 1873 г. Свидетели так описывают изменения атмосферы в Лондоне, которые произошли с 3 по 9 декабря 1952 г.:

"3 декабря на город надвинулся холодный фронт, и в полдень температура снизилась до 6 °С, относительная влажность воздуха была почти 70%, ветер северный, слабый. В небе наблюдали скученные облака. Для 4 декабря были характерны антициклон, облачность, снижение температуры до 3 °С, увеличение относительной влажности до 82%. В воздухе чувствовался запах дыма. Из-под тысяч дымовых колпаков тихо поднимались в воздух недогоревшие остатки угля — горючие газы, копоть и зола. Крупные частицы сажи падали на крыши, улицы, шапки и пальто прохожих. Мелкие частицы золы летали в небе, попадая в жилища. 5 декабря над городом был центр области высокого давления. Ветер утих. Туман ухудшил видимость. Температура достигла 0 °С, относительная влажность — 80%. Запах дыма усиливался. Нижний слой атмосферы до километра вверх был насыщен дымом и влагой. 6 декабря плотный туман закрыл небо, температура снизилась до -2 °С, а влажность воздуха составляла 100%. Видимость не превышала 10 м. Анемометры зарегистрировали полный штиль. Воздух над городом оставался практически неподвижным, и дым от печей, топок и каминов наполнял его ядовитыми веществами. Капельки тумана захватывали из дыма газы и твердые частицы, образуя смесь дыма и тумана, которую называли смогом. Город погрузился в смог, в облако вредных для всего живого отходов. У жителей болели и слезились глаза, грудь разрывал лающий кашель. Смог свирепствовал 7 и 8 декабря. Лондонские больницы переполнились потерпевшими. Многие люди умерли. Кроме тех лондонцев, для которых смог стал фатальным, у многих тысяч обострились болезни или впервые возникли нарушения органов дыхания. Это было массовое отравление, которое вызвали метеоусловия и загрязнение атмосферного воздуха" (табл. 57).

Аналогичные ситуации зафиксированы в Нью-Йорке в течение 1950—1960 гг. При этом смертность населения возросла на 4—20%. Случаи раздражения органов дыхания, проявляющегося астматическим компонентом, вследствие загрязнения атмосферного воздуха наблюдали в 1946 г. в Иокогаме (Япония). Проявления "иокогамской астмы" прекратили после переселения больных в районы

с чистым воздухом. В 1950 г. такое явление наблюдалось в Поза-Рике (Мексика), в 1952 г. — в Вальсуме (Германия), в 1958 г. — в Новом Орлеане (США).

Термин "смог" происходит от англ. smoke — дым и fog — туман. Это система, которая образуется в результате взаимодействия природного тумана с газовыми промышленными выбросами. В свою очередь, *дым* — это аэродисперсная система, состоящая из частиц с небольшой упругостью пара и малой скоростью седиментации под действием силы веса. *Туман* — капли жидкости, образу-

ющиеся вследствие конденсации пара или распыления жидкости. *Смог лондонского типа* (син.: черный смог, восстановительный смог) образуется в больших промышленно развитых городах (чаще всего в декабре-январе) утром во время штиля при температуре воздуха от -1 °С до 4 °С, относительной влажности воздуха более 85%, температурной инверсии, высокой концентрации серы диоксида и сажи. Для него характерна низкая дальность видимости, которая достигает иногда 30 м и менее.

В начале 40-х годов XX в. в некоторых городах Америки, в частности в Лос-Анджелесе, начали наблюдать фотохимические туманы. Бассейн Лос-Анджелеса, расположенный на побережье Тихого океана, на Востоке и Севере закрыт горами. Вдоль берега дуют слабые западные и юго-западные бризы. Ветры несут воздух к горам, где он и задерживается. Лос-Анджелес находится в зоне высокого давления, которую называют тихоокеанским антициклоном. На высоте почти 600 м образуется температурная инверсия. Этот калифорнийский город когда-то славился чистым воздухом, мягким климатом и роскошной растительностью. Ныне в нем "господствует" ядовитый туман, разъедающий глаза. Его так и называют — "*лос-анджелесский смог*" (син.: фотохимический туман, окислительный смог, белый смог). Это белесый туман, который иногда приобретает желто-коричневый цвет. Образуется (чаще всего в августе-сентябре) в ясный солнечный день в полдень при температуре воздуха от 24 °С до 32 °С, относительной влажности — до 70%, температурной инверсии, загрязнении атмосферного воздуха выхлопными газами автотранспорта. Под действием ультрафиолетового излучения углеводы и азота оксиды в присутствии озона вступают в цепные химические реакции, образуя сложные высокоактивные соединения типа пероксиацетилнитрата, пероксибензоилнитрата, пероксипропионилнитрата, которые оказывают неблагоприятное действие на органы дыхания и раздражают глаза.

ТАБЛИЦА 54
Показатели смертности населения
в Лондоне

Месяц и год	Абсолютный прирост смертности, %	Среднесуточная концентрация, мг/м ³	
		Твердые аэрозоли	Серы диоксид
Ноябрь (1948)	750	2,780	2,150
Декабрь (1952)	4000	4,460	3,830
Январь (1953)	1000	2,830	1,430
Январь (1956)	250	1,723	3,335
Декабрь (1962)	700	3,144	3,843

Проблема фотохимического смога существует и в таких больших городах, как Токио, Сидней, Мехико, Буэнос-Айрес и др. В 1974 г. летом в Японии почти все префектуры вдоль побережья были окутаны фотохимическим смогом. Правительство страны опубликовало список районов (11) наибольших японских городов, где загрязнение воздушного бассейна достигло опасного для жизни уровня, и среди них на первом месте был Токио. Его называют "задыхающимся городом". В июле 1970 г. из-за фотохимического смога попали в больницу свыше 8 тыс. токийцев. Жители Мюнхена не без оснований говорят, что когда над всей Баварией светит солнце, небо в их городе окутано тучами ядовитых испарений угарного газа, сажи, угольной пыли. Жители Парижа спешат хотя бы ненадолго оставить город, лишь бы вдохнуть свежий воздух в предместьях. Французская пресса пишет: "Возможно, Париж и является сердцем Франции, но отнюдь не ее легкими. В этом нет ничего удивительного, так как ежедневно в воздух этого города автомашины выбрасывают одного только свинца почти 40 т".

Гигиенисты установили связь между промышленными выбросами в атмосферный воздух и повышением заболеваемости населения бронхитом, бронхиальной астмой, эмфиземой легких, злокачественными новообразованиями, хронической пневмонией, аллергией и увеличением числа случаев рефлекторных реакций, обусловлено пахучими веществами. По данным ВОЗ, в Великобритании ежегодно регистрируют почти 30 тыс. летальных случаев. Характерно, что смертность от хронического бронхита в некоторых странах Европы и Америки в течение десятилетий неуклонно возрастает, прежде всего Германии и США, где за последние 5 лет она повысилась в среднем на 25%. В Швейцарии с каждым годом количество заболеваний, вызванных загрязнением атмосферного воздуха, возрастает. В частности, за последние 10 лет смертность от бронхита, бронхиальной астмы и эмфиземы в этой стране увеличилась на 19%. Наиболее восприимчивы к загрязнению атмосферного воздуха дети. По данным ВОЗ, с 1956 по 1986 г. почти у 4% новорожденных были зарегистрированы наследственные болезни. Причем частота врожденных пороков в городах была в 2 раза больше, чем в селах. Указанной проблемой стали заниматься созданные санитарно-эпидемиологические станции, гигиенические научно-исследовательские институты, научные общества разных стран мира. Ее обсуждают на съездах, симпозиумах, конгрессах. Принят ряд национальных и международных программ, разработаны программы для регулярного контроля качества воздуха, наблюдения и оценки взаимосвязи между загрязнением воздуха и здоровьем людей. В 1973 г. ВОЗ создала глобальную систему мониторинга окружающей среды (ГСМОС), в частности воздушного бассейна, в которой приняли участие около 50 стран мира. Данные, полученные в результате деятельности национальных систем и осуществления ГСМОС, выявили общие тенденции в изменении качества воздуха в странах мира. В нашей стране была создана автоматизированная информационная система "Окружающая среда — здоровье населения". Программы исследований расширялись, требовали решения новые вопросы: исследование источников загрязнения воздуха; изучение закономерностей распространения загрязнений в воздушном бассейне, ме-

ханизма их трансформации; прогнозирование влияния "парникового эффекта", "кислотных дождей" на здоровье и санитарно-бытовые условия проживания населения; изменение озонового слоя; разработка законодательных, технологических, технических, планировочных мероприятий в области санитарной охраны атмосферного воздуха; научное обоснование принципов и методов гигиенического нормирования вредных веществ в атмосферном воздухе.

Если несколько десятилетий назад уничтожение стратосферного озона хлорфторуглеводородами и возрастание "парникового эффекта" было дискуссионной научной гипотезой, то в настоящее время разрушение озонового слоя и изменение климата стали действительностью. Об этом свидетельствуют публикации: "Озоновый щит под угрозой", "Озоновая дыра над Арктикой", "Что беспокоит гренландцев", "Почему меняется климат", "У порога экологического апокалипсиса", "160 стран мира начинают борьбу с потеплением" и т. п.

Установлено, что в XX в. средняя температура воздуха на Земле повысилась на 0,5—0,6 °С. Направленная к верхней границе земной атмосферы солнечная радиация, которую оценивают как солнечную постоянную, равна почти 1,95 кал/(см² • мин). Максимум интенсивности радиации приходится на длину волн в диапазоне от 0,4 до 0,8 мкм, что составляет видимую часть спектра электромагнитных волн. Приблизительно 42% энергии поглощается в верхней атмосфере, отражается облаками, земной поверхностью в пространство или поглощается облаками и водяным паром. Почти 47% солнечной радиации поглощает земная поверхность воды и суши. Сама Земля, аппроксимированная телом с температурой 290 К, излучает длинноволновую радиацию с максимумом интенсивности между 4 и 12 мкм. Большая часть радиации поглощается водяным паром и углерода диоксидом у поверхности земли. Поскольку и водяной пар, и углерода диоксид пропускают большую часть солнечной радиации, но поглощают длинноволновую радиацию земной поверхности, возникает эффект, который приводит к нагреванию атмосферы и зависит от количества углерода диоксида и водяного пара в атмосфере. Этот эффект получил название парникового.

Исследования 80-х годов XX в. показали, что некоторые другие газы, в частности хлорфторуглеводороды, метан и азота закись, также могут изменять способность атмосферы поглощать инфракрасное излучение. С другой стороны, вследствие роста промышленного производства во всем мире увеличиваются выбросы в атмосферу аэрозольных частиц. Наличие аэрозольных частиц в атмосфере приводит к уменьшению солнечной радиации, попадающей на земную поверхность. Этот эффект является причиной обратного действия по сравнению с влиянием увеличения в атмосфере количества углерода диоксида и водяного пара. Если с 1890 по 1945 г. средняя температура атмосферы повысилась на 0,9 °F, то с 1945 по 1972 г. она уменьшилась на 0,6 °F. Средняя температура в ледниковый период отличалась лишь на 7 °F от температуры в самые теплые периоды многомиллионной истории Земли. В одной из американских моделей "Мир в 2000 году" приведено пять климатических прогнозов на будущее: "сильное глобальное похолодание", "умеренное глобальное похолодание"

"сохранение условий последних 30 лет", "умеренное глобальное потепление", "сильное глобальное потепление".

На международной конференции, состоявшейся в 1985 г. в австралийском городе Филлахе, ученые не одобрили американской модели и сошлись на том, что предвидится потепление климата. По прогнозу, при современном уровне накопления газов, которые создают парниковый эффект, температура земной поверхности до 2100 г. повысится на 3,5 °F. При этом она увеличится главным образом в северных широтах. Начнут таять большие участки северных ледников, участятся дожди и снегопады. С потеплением повысятся объемы испарений воды. В отчете межправительственной комиссии ООН в отношении климатических изменений указано, что если выбросы углерода диоксида будут возрастать на 10—20% каждые 10 лет, то будут наблюдаться необратимые последствия.

До 2097 г. на восточном и западном побережье Африки будут бушевать циклоны. Большинство экосистем и организмов не смогут адаптироваться к новым климатическим условиям. Жара усилится.

Побережья Сенегала, Сьерра-Леоне, Нигерии, Габона, Камеруна и Анголы окажутся под водой. В Европе радикальные изменения произойдут на севере и юге. Зимой северные районы будут заливать дожди, а на юге ожидается засуха. Побережья Голландии, Германии, Украины и России будут частично залиты водой. Исчезнут ледники в Альпах. На континент Латинской Америки обрушатся бури и ураганы. На побережье Австралии и островах Тихого океана бу-

дут свирепствовать циклоны, начнется засуха. На Международной конференции по проблемам климатических изменений на Земле, состоявшейся в 1998 г. в Киото, представители 160 стран мира подписали соглашение. Были установлены лимиты на выбросы промышленных газов, которые создают "парниковый эффект".

До 2008 г. страны ЕС обязались уменьшить объем выбросов в атмосферу по сравнению с 1990 г. на 8%, США — на 7%, Япония — на 6%. Другие индустриально развитые страны из 38 присутствующих на конференции сократят эмиссию углерода диоксида на 5%.

Последствием экологического прессинга является и образование озоновых дыр. Ученые установили, что ведущую роль в разрушении озонового слоя играют

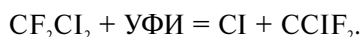
ТАБЛИЦА 58
Хлорфторуглероды, вызывающие разрушение озона в атмосфере

Фреоны	Продолжительность пребывания в атмосфере, годы	Объем выбросов в мире, тыс. тонн	Влияние на разрушение озона, %
Фреон-12 (CF ₂ Cl ₂)	120	412	44,7
Фреон-11 (CFCl ₃)	70	238	25,8
Фреон-113 (C ₂ Cl ₃ F ₃)	90	183	11,7
Фреон-22 (CHF ₂ Cl)	22	72	0,4
Хлорметан (CCl ₄)	67	66	7,6
Метилхлороформ (CH ₃ CCl ₃)	6	474	5,1
Ha-1211 (CF ₃ ClBr)	12—15	3	0,9
Ha-1301 (CF ₃ Br)	12—15	3	3,7

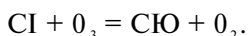
хлорфторуглероды. Это соединения, состоящие из C, Cl, F(Br), были синтезированы в 20-х годах XX в. В наше время хлорфторуглероды (фреоны) широко используют как наполнители аэрозольных баллончиков, хладагенты в установках и кондиционерах, в производстве пластмасс, в электронной промышленности. Ежегодно в атмосферу выбрасывается почти 1 млн т различных хлорфторуглеродов (табл. 58).

Впервые озоновая дыра площадью 4 000 000 км² и глубиной 8 км была обнаружена со спутника в 1985 г. В 1987 г. сообщили о подобной озоновой дыре на меридиане Шпицбергена между Скандинавией и Северным полюсом. Было установлено, что за последние десятилетия слой озона уменьшился на 3% над Северным полюсом и вдвое — над Антарктидой. Ученые считают, что потеря 1% озона приводит к увеличению числа случаев онкологических заболеваний кожи на 6%.

В чем же состоит химизм взаимодействия хлорфторуглеродов с озоном? Хлорфторуглероды (на примере фреона-12) под влиянием ультрафиолетового (УФИ) излучения высвобождают химически активный атом хлора в результате реакции:



Химически активный атом хлора переходит в стратосферу, где взаимодействует с озоном:



Эта реакция происходит в течение нескольких секунд. Установлено, что один атом хлора разрушает почти 100 000 молекул озона. В свою очередь оксид вступает в реакцию в атомарным кислородом, вследствие чего образуется активный атом хлора. Эти реакции повторяются, образуя цепную реакцию. Последняя заканчивается или прерывается после связывания хлора или перемещения его из стратосферы в тропосферу и вымывания атмосферными осадками. Такие бромированные фторуглероды, как галон-1310 (CBrF₃) и галон-2402 (CBrF₂), еще в большей мере разрушают озон стратосферы. В стратосфере атом брома, который освобождается под действием ультрафиолетового излучения, вступает в цепную реакцию разрушения озона. В начале 70-х годов XX в. возникла обеспокоенность из-за возможности разрушения озона азотными оксидами, которые выбрасывают сверхзвуковые самолеты на высоте 17—20 км. Они могут вызвать также цепные реакции с разрушением озона так же, как и ClO_x. Первым шагом на пути к ограничению выбросов хлорфторуглеродов в атмосферу было принятие в марте 1985 г. в Вене Конвенции Объединенных Наций по защите стратосферы. В протоколе, подписанном в Монреале в августе 1987 г., сформулировано положение об уменьшении выбросов хлорфторуглеродов. Оценки, сделанные научной группой экологической программы ООН, свидетельствуют о необходимости прекратить выброс этих веществ в атмосферу. Те газообразные хлорфторуглероды, которые уже попали в атмосферу, имеют средний период пребывания почти 100 лет. Так, из имеющихся в атмосфере молекул фреона-12 почти 37% будут находиться в ней до 2100 г., 15% — до 2200 г., 6% — до 2300 г. Если производ-

ство хлорфторуглеводородов прекратится до 2000 г., то максимальное разрушение озона произойдет в 2020 г.

Большое значение для охраны воздушного бассейна от техногенного загрязнения имеет гигиеническое нормирование вредных веществ в атмосферном воздухе. Приоритет в этой области за отечественной наукой. Первые нормативы ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе были утверждены в 1951 г. Известный ученый-гигиенист В.А. Рязанов разработал принципы нормирования и критерии вредности атмосферных загрязнений. На основании работ отечественных ученых-гигиенистов разработан, утвержден и используется ряд директивных, нормативных, инструктивно-методических документов. В этих документах подчеркивается, что проведение санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на сохранение благоприятного состояния атмосферного воздуха, обеспечение наилучших условий жизни людей, труда, быта, отдыха и охраны здоровья, дальнейшего развития материального производства и культуры, является обязанностью всех государственных органов, предприятий и учреждений.

Санитарная охрана атмосферного воздуха — это комплекс законодательных, научных, технологических, технических и планировочных мероприятий, направленных на сохранение, улучшение, восстановление состояния атмосферного воздуха и предупреждение вредного влияния атмосферных загрязнений на здоровье и санитарно-бытовые условия проживания населения.

Под *загрязнением атмосферного воздуха* понимают изменение состава и свойств атмосферного воздуха вследствие поступления или образования в нем физических, биологических факторов и (или) химических соединений, которые могут неблагоприятно влиять на здоровье людей и состояние окружающей природной среды. *Загрязняющее вещество* — это вещество химического или биологического происхождения, которое содержится или поступает в атмосферный воздух и может прямо или опосредованно отрицательно влиять на здоровье человека и состояние окружающей природной среды.

Источник выброса — это объект (предприятие, цех, агрегат, установка, транспортное средство и пр.), из которого поступает в атмосферный воздух загрязняющее вещество или смесь таких веществ. *Выброс* — это поступление в атмосферный воздух загрязняющих веществ или их смеси.

Главными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются транспорт, теплогенерирующие установки, промышленные предприятия и почва. По данным ВОЗ, наиболее распространенные загрязняющие вещества атмосферного воздуха представлены такими группами: 1) твердые частицы (летучие — зола, пыль, цинка оксид, силикаты, свинца хлорид); 2) соединения серы (серы диоксид, сероводород, меркаптаны); 3) органические соединения (альдегиды, углеводороды, смолы); 4) соединения азота (азота оксид, азота диоксид, аммиак); 5) соединения кислорода (озон, углерода оксид, углерода диоксид); 6) соединения галогенов (водорода фторид, водорода хлорид); 7) радиоактивные соединения (радиоактивные газы, аэрозоли). В соответствии с "Директи-

вами-96/62/ЕС" от 27.08.1996 г. оценку и контроль качества воздушной среды необходимо осуществлять с учетом содержания в ней таких веществ: серы диоксида, азота диоксида, тонкодисперсных твердых частиц, свинца, озона, бензола, углерода оксида, полиароматических углеводородов, кадмия, мышьяка, никеля и ртути.

Для большинства промышленных регионов характерны такие соотношения веществ, загрязняющих атмосферный воздух: углерода оксиды — почти 50%, серы оксиды — 20%, твердые частицы — 16—20%, азота оксиды — 6—8%, углеводороды — 2—5%. К загрязняющим веществам относят также аммиак, сероводород, сероуглерод, альдегиды, хлорорганические соединения, фториды.

На организм человека влияют почти 500 тыс. веществ, из которых известны лишь 5—10%. По прогнозу ожидается, что общий объем производства различных химических веществ увеличится в 2—2,5 раза и превысит 500 млн т. В постоянном круговороте веществ индустриального общества находится почти 65 тыс. химических соединений, ранее в природе не существовавших. Почти 10 тыс. из них ежегодно производят в объеме 0,5—1 млн кг. Причем свыше 2000 этих веществ непосредственно влияют на генетический аппарат клетки, ускоряя мутагенез. Ныне в странах с развитой охраной здоровья в больницах общего профиля по поводу наследственной патологии лечится 15—20% детей от общего количества пациентов. Среди детей, умерших в возрасте до 1 года, 30% составляют умершие в результате мутационных процессов. Только из-за генетических нарушений не вынашивают 25% беременностей в год, появляется на свет 250 тыс. детей с наследственными пороками, в том числе почти 100 тыс. детей — с тяжелыми аномалиями развития.

Выбросы транспорта. Местный транспорт представлен главным образом автомобилями, занимающими приоритетное место среди источников загрязнения атмосферного воздуха (табл. 59).

Приведенные в табл. 59 данные не имеют тенденции к снижению. Сегодня мировой автомобильный парк превышает 600 млн единиц, из которых 83—85% составляют легковые, 15—17% — грузовые автомобили и автобусы. Если их поставить бампер к бамперу, то получилась бы лента длиной 4 млн км, которой можно было бы 100 раз опоясать земной шар по экватору. Главными путями эмиссии выхлопных газов автотранспорта являются вентиляционная система топливного бака, карбюратор и система забора воздуха (последняя — только при

ТАБЛИЦА 59
Доля выбросов автотранспорта
в выбросах вредных веществ
в крупных городах мира

Город	Доля выбросов автотранспорта (%) от общего количества выбрасываемых веществ		
	Углерода оксид	Углеводороды	Азота оксиды
Санкт-Петербург	88	79	32
Лос-Анджелес	98	66	72
Мадрид	95	90	35
Москва	96	64	33
Нью-Йорк	97	63	31
Стокгольм	99	93	53
Токио	99	95	33
Торонто	98	69	19

ТАБЛИЦА 60
Содержание основных компонентов
отработанных газов автомобилей
с карбюраторными и дизельными
двигателями, % по объему

Компоненты	Тип двигателя	
	карбюраторный	дизельный
Азот	74,0—77,0	76,0—78,0
Кислород	0,3—8,0	2,0—18,0
Водяной пар	3,0—5,5	0,6—4,0
Углерода	5,0—12,0	1,0—10,0
диоксид		
Углерода	5,0—10,0	0,01—0,5
оксид		
Азота оксид	0,0—0,8	2-10 ⁻³ —0,5
Углеводоро-	0,2—3,0	9-10 ⁻³ —0,5
ды		
Альдегиды	0,0—0,2	1-10 ⁻³ —9-10 ⁻³
Сажа	0,0—0,4 *	0,01—1,0*
3,4-бенз(а)-	10,0—20,0 **	до 10 "
пирен		

* Содержание сажи приведено в г/м³.

** Содержание бенз(а)пирена приведено в мкг/м³.

неработающем двигателе). Состав выхлопных газов автотранспорта зависит от типа двигателя, режима работы, технического состояния и качества топлива. В настоящее время изучено более 200 компонентов, входящих в состав отработанных газов автотранспорта. По объему наибольший удельный вес имеют углерода оксид (0,5—10%), азота оксиды (до 0,8%), несгоревшие углеводороды (0,2—3,0%), альдегиды (до 0,2%) и сажа. В табл. 60 приведен состав выхлопных газов автомобилей в зависимости от типа двигателя.

Таким образом, количество токсических веществ, попадающих в атмосферу вследствие сжигания единицы объема топлива дизельным двигателем, значительно меньше, чем карбюраторным. Однако в выбросах автомобилей, работающих на дизельном топливе, содержание сажи выше. В среднем автомобиль потребляет

в год 2 т бензина и выбрасывает в воздух 20—25 тыс. м³ продуктов сгорания, в которых содержится 700 кг СО, 40 кг NO_x, 230 кг углеводородов и 2—5 кг твердых частиц.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта зависит также от режима его работы. В условиях уличного движения в городе двигатель автомобиля работает 30% времени на холостом ходу, 30—40% — с постоянной нагрузкой, 20—25% — в режиме разгона и 10—15% — в режиме торможения. При этом на холостом ходу автомобиль выбрасывает в среднем 5—7% СО от объема всего выхлопа. Одновременно при таком режиме увеличивается в 2—2,5 раза выброс углеводородов и в 1,5 раза — альдегидов. В процессе движения с постоянной нагрузкой автомобиль выбрасывает лишь 1—2,5% СО. При неотрегулированном карбюраторе выброс СО на холостом ходу повышается до 15%. В табл. 61 приведен состав отработанных газов автомобилей при разных режимах работы.

Выбросы увеличиваются по мере повышения скорости движения транспорта. Частое замедление движения при относительно низкой средней скорости приводит к повышению уровня загрязнения атмосферного воздуха. Наибольший выброс регистрируется в режиме ускорения.

Качество топлива также обуславливает состав отработанных газов автотранспорта. Так, в выхлопных газах автомобилей, работающих на этилированном бензине с добавлением дихлорэтана, содержатся тетрахлордibenзо-п-диоксины

ТАБЛИЦА 61

Содержание вредных веществ в выхлопных газах автомобилей
в зависимости от режима работы и типа двигателей

Вещество	Тип двигателя							
	карбюраторный				дизельный			
	Малый ход	Ускоре- ние	Повы- шенный ход	Замед- ленный ход	Малый ход	Ускоре- ние	Повы- шенный ход	Замед- ленный ход
CO, %	13,8	2,8	5,1	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0
C _n H _m , %	0,98	0,20	6,05	2,64	0,047	0,018	0,013	0,061
NO _x , мг/кг	45	1430	314	12	60	827	310	40
НСНО, мг/кг	73	28	1	2214	4	7	4	7

и полихлорированные дибензофураны. По расчетам, проведенным в Швеции, общее количество полихлорированных дибензо-п-диоксинов и полихлорированных дибензофуранов, выделяемых автомобилями, работающими на этилированном бензине с галогенсодержащими добавками, составляет 10—100 г эквивалентов тетрахлордибензо-п-диоксинов в год. В процессе сжигания бензина с антидетонационными добавками в двигателях внутреннего сгорания образуются галогенидные, оксигалогенидные и оксидные соединения свинца, которые поступают в атмосферу с выхлопными газами в виде аэрозолей. Если концентрация соединений свинца в природном атмосферном воздухе составляет почти 0,5 мкг/м³, то в местах с интенсивным загрязнением воздуха выбросами автотранспорта они достигают 2,4—5,9 мкг/м³. Добавка 3,0—3,8 об.% бензола к бензину является причиной того, что сотни тысяч тонн бензола попадают в воздушный бассейн городов Европы. При интенсивном движении автотранспорта концентрация бензола в атмосферном воздухе Берлина и других городов Германии в 1990—1993 гг. находилась в пределах 8—48 мкг/м³, в Вене — 23 мкг/м³, в жилых помещениях — 9 мкг/м³. В районе городских автомагистралей концентрация бензола в воздухе варьирует от 6 до 10 мкг/м³. В настоящее время внимание конструкторов и инженеров автомобильного транспорта обращено на газовое топливо. В последние несколько десятилетий проведена большая работа по переводу на газовое топливо грузовых автомобилей и городских автобусов с карбюраторными двигателями. Самая распространенная смесь нефтяных газов состоит из — пропана и бутана, так как она является наиболее экологически чистой. Установлено, что в выхлопных газах двигателя, работающего на пропане и бутане, на холостом ходу содержание СО в 4 раза, а в рабочем режиме — в 10 раз меньше, чем у работающего на бензине. При использовании сжатого природного газа содержание СО в отработанных газах уменьшается в 2—4 раза, СН — в 1,1—1,4 раза, NO_x — в 1,2—2 раза.

Атмосферный воздух загрязняется также во время заправки автотранспор- •: та топливом. Так, 300 г бензина, пролившегося на асфальт, загрязняет до 200 000 м³ воздуха. Каждая шина автомобиля за период эксплуатации оставляет на асфальте до 3 кг пыли и сажи. Активная поверхность сажи в 1 м³ выхлопа достигает 10—45 м². На этой поверхности конденсируется значительное коли-

чество смолянистых веществ бенз(а)пирена. Во время эксплуатации автомобильных дорог, изнашивания автомобильного покрытия образуется пыль, которая содержит канцерогенные соединения. Это связано с тем, что применяют вяжущие материалы из каменноугольных смол и дегтей. В приземный слой атмосферного воздуха с такой поверхности мигрируют летучие углеводороды: бензол, толуол, ксилолы, пропилбензол, цимол, инден, стирол, олефины, парафины. Вблизи транспортных магистралей концентрация бенз(а)пирена в атмосферном воздухе превышает $\text{ПДК}_{\text{ср сут}}$ в 10—12 раз, а в середине жилых кварталов — в 1,5—2 раза. На улицах города с покрытием из нефтяных битумов в 1 м^3 воздуха выявлено 0,017—0,054 мкг бенз(а)пирена. Концентрация его в атмосферном воздухе вследствие изнашивания дорожного покрытия из дегтебетона составляет от 0,04 до 0,0004 мкг/ м^3 .

Транспорт не только загрязняет атмосферный воздух. Он поглощает кислород. Один автомобиль в год поглощает 4 т кислорода, а один самолет во время перелета через Атлантику — 70—150 т кислорода.

Выбросы теплогенерирующих установок. Свыше 40% энергоресурсов в стране используется на производство электроэнергии, пара и горячей воды. Почти 80% всей электроэнергии производят тепловые электростанции (ТЭС), на долю которых приходится почти 30% вредных выбросов всех стационарных источников страны.

Степень загрязнения атмосферного воздуха выбросами ТЭС зависит от количества, качества топлива и технологии сжигания. Соотношение выбросов в процессе сжигания твердого (уголь, кокс, сланец), жидкого (нефть, мазут, смолы) и газообразного (природный газ) топлива приведено в табл. 62.

Таким образом, наибольшие суммарные выбросы происходят при сжигании твердого топлива, а наименьшие — при сжигании природного газа. Глобальные выбросы углерода диоксида при сжигании нефтепродуктов, угля и газа составляют 6,25 млрд т в год. По прогнозу до 2030 г. выбросы CO_2 в атмосферу на нашей планете возрастут на 15—37%.

Почти 60% общего количества аэрозолей, поступающих в атмосферный воздух от промышленных источников во всем мире, составляют твердые частицы, образующиеся при сжигании угля (табл. 63). Это главным образом зола и пыль, в несколько меньших концентрациях — сажа.

При сжигании твердого топлива имеют значение содержание минеральной части и серы, тип топливных устройств (камерные топки с сухим или жидким шлакоудалением), эффективность работы пылеулавливателей. Так, при использовании низкосортного угля содержание минеральной части повышается от 15—30 до 40—50% (табл. 64). В малосернистом угле содержание серы составляет до 1%, а в высокосернистом — более 3%.

При сжигании угля с содержанием минеральной части $A^p = 16\text{—}20\%$ в камерных топках вынос твердых частиц в рабочей массе топлива за пределы топочной камеры составляет до 20% его массы. Вследствие этого эксплуатация камерных топок невозможна без систем пылеулавливания. При средней зольности использованного угля 15% выброс золы на ТЭС составляет 8—10 млн т в год. Дымовые газы ТЭС содержат твердые частицы разной дисперсности.

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

На долю частиц размером до 1 мкм приходится 47,8%, от 1 до 5 мкм — 34,2%, от 5 до 20 мкм — 4,7%, от 20 до 40 мкм — 2,7% и свыше 40 мкм — 2,8%.

Во время работы ТЭС атмосферный воздух загрязняется и оксидами тяжелых металлов (табл. 65).

ТАБЛИЦА 62

Соотношение выбросов при сжигании различных видов топлива, %

Вещество	Топливо		
	твердое	жидкое	газообразное
Твердые частицы	3,5—80,0	1,0—1,5	0,2
Серы оксиды	25,0—60,0	5,0—31,5	0,006
Азота оксиды	10,0—16,0	5,0—6,4	2,3
Углерода оксиды	1,0—2,2	0,003—0,03	0,006
Углеводороды	0,5—1,8	0,15—0,5	0,5
Суммарные выбросы	100,0	11,0—40,0	3,0

ТАБЛИЦА 63

Содержание основных вредных примесей в дыме, образующемся во время сжигания различных видов топлива, г/м³

Вид топлива	Концентрация примесей		
	Летучая зола	SO ₂	N ₂
Уголь:	6,66	0,48	0,41
березовый			
бурый	24,2	5,4	0,70
донецкий	63,9	2,24	0,79
экибастузский			
Мазут	0,10	3,98	0,80
Газ	—	—	0,70

ТАБЛИЦА 64

Содержание минеральной части и серы в угле, %

Бассейн	Марка	Минеральная часть	Сера
Донецкий	Д	19,6	4,0
	Г	15,8	3,3
	А	13,3	4,0
Кузнецкий	Д	5,0	0,4
	Г	10,0	0,6
Экибастузский	С	36,8	0,8
Карагандинский	П	25,0	0,8
	Б	17,0	0,6
	ПП	33,9	1,1
Канский	Б	10,2	0,5

ТАБЛИЦА 65

Содержание примесей в золе твердого топлива, мг/кг

Вещество	Уголь		
	донецкий	кузнецкий	экибастузский
Свинец	170—210		20—40
Мышьяк	80—110	—	15—30
Ванадий	120—170	—	40—120
Хром	110—150	—	20—100
Цинк	70—100	—	60—250
Кальция оксид	2—8	3,5—20	1,7
Свободный кальция оксид	0,14—0,85	0,2—3,0	0,03
Кремния оксид	40—60	50—65	62—66
Свободный кремния оксид	8—32	20—35	24—33

ТАБЛИЦА 66

**Поступление в атмосферный воздух
загрязняющих веществ при сжигании
мазута и природного газа**

Вещество	Максимальная концентрация, мг/м ³	Класс опасности
Азота диоксид	1200/1000*	2
Углерода оксид	300	4
Серы диоксид	6000	3
Бенз(а)пирен	0,001	1
Ванадия V оксид	30	1
Формальдегид	12	2
Сажа	1000	3

*Содержание азота диоксида в атмосферном воздухе при сжигании природного газа.

емых частиц имеют диаметр до 10 мкм, то при пылеугольном — от 20 до 45%. Для пылеугольных топок с сухим шлакоудалением содержание золы в "уносе" (остаток золы удаляется со шлаком) составляет 85—93%, с жидким шлакоудалением — 60—70%, для циклонных топок — 10—15%, цепных решеток — 20—30%.

Если сжигают твердые бытовые отходы, то с каждым миллионом тонн городского мусора образуется 34 тыс. т летучей золы со смесью полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ). Причем 95—99% этого количества оседает на электрофильтрах и оказывается на свалках, а остальное вместе с газами попадает в атмосферу. Установлено, что содержание ПХДД в летучей золе городского мусоросжигательного завода может достигать 0,2 мкг/г, а ПХДФ — 0,1 мкг/г. Рабочая группа экспертов, созданная Европейским региональным бюро ВОЗ, на основании анализа данных о выбросах ПХДД и ПХДФ из печей для сжигания твердых городских отходов пришла к выводу, что эти вещества образуются в результате сложных термических реакций в условиях неполного сгорания. Трехциклические ароматические соединения загрязняют атмосферный воздух и при сжигании осадка бытовых сточных вод после их обезвоживания, но в меньшей мере, чем при сжигании твердых бытовых отходов. При неполном сгорании некоторых больничных отходов, содержащих галогенированные органические ингредиенты, концентрация ПХДД в газах достигает 118 нг/м³, ПХДФ — 156 нг/м³, ТХДД — 20 нг/м³. В окружающей среде эти вещества могут находиться продолжительное время (период полураспада составляет до 30 лет), быстро переходить в органическую фазу, включаться в процессы биопереноса. Необходимо обратить внимание еще на одну особенность энергетических установок, работающих на органическом топливе. Их выбросы нарушают в природе баланс не только оксидов азота, серы и углерода, но и кислорода. По данным Института всемирного надзора, ежегодно сгорает свыше 12 млрд т топлива и теряется 10—12 млрд т кислорода. Ученые считают, что при современных темпах раз-

Спектр ингредиентов, попавших в атмосферный воздух при сжигании мазута и природного газа, приведен в табл. 66.

Следовательно, если во время сжигания мазута в воздушный бассейн поступают ингредиенты всех четырех классов опасности, то при сгорании природного газа азота диоксид является единственным веществом, загрязняющим атмосферу, но содержание его в выбросах немалое.

На качество атмосферного воздуха оказывает влияние и технология сжигания. Если при послойном методе сжигания лишь 3% выбрасыва-

вития промышленности всего через 80 лет потребление кислорода достигнет уровня его воспроизводства растениями. Из 29% энергоносителей 26% должно занять ядерное топливо, которое получают из урановой руды. На снимках, сделанных со спутников, над многими городами заметны огромные дымовые облака — скопления пыли. Высокая плотность застройки, многоэтажные дома, улицы, одетые в бетон и асфальт, — все это препятствует движению воздушных потоков, что способствует концентрированию вредных веществ, образованию особого микроклимата в городе, так называемого химического фона. Вследствие этого уменьшается интенсивность ультрафиолетовой радиации, снижается прозрачность атмосферы, увеличивается частота легочных и аллергических заболеваний.

Выбросы промышленных предприятий. Стационарные источники в зависимости от системы газовых выбросов разделяют на технологические и вентиляционные. К технологическим относятся так называемые хвостовые технологические выбросы, а также выбросы, которые образуются в результате продувания, утечки из-за неплотности, трещины в оборудовании. Вентиляционными выбросами считаются выбросы механической и общеобменной естественной вентиляции, а также местной вытяжной. По способу отведения газозвушной смеси в атмосферу выбросы разделяют на организованные и неорганизованные. К организованным относят выбросы через трубы и шахты, к неорганизованным — выбросы через фонари, а также выхлопы вредных веществ через неплотности в технологическом оборудовании и из-за испарения с открытой поверхности жидкости. По режиму работы различают постоянно действующие источники вредных выбросов с неравномерным валовым выбросом и источники периодических, залповых выбросов.

В Украине большинство производств разных отраслей промышленности, в соответствии с классификацией Международного агентства по изучению рака при ВОЗ, относится к канцерогенноопасным как для работающих на них, так и для населения в целом, поскольку они являются источником образования и выброса в окружающую природную среду канцерогенных веществ и их предшественников. Прежде всего, это предприятия черной и цветной металлургии, коксохимии, нефтепереработки, химической промышленности, производству асбестосодержащих изделий. По данным научного гигиенического центра МЗ Украины, в воздушной среде населенных пунктов определяется 16 полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), из которых 8 оказывают канцерогенное действие. Наибольший удельный вес в структуре химических канцерогенов в атмосфере имеют соединения ПАУ и, в первую очередь, бенз(а)пирен (табл. 67). Вклад этих соединений в суммарное загрязнение атмосферного воздуха составляет от 60% в сельской местности до 75—85% в промышленных центрах.

Высокотемпературные технологические процессы в металлургической и металлообрабатывающей промышленности, а именно: электрохимическое производство никеля и магния, переплавка лома железа, меди и других металлов, обработка окатышей кокс-оксида магния газообразным хлором при температуре 700—800 °С являются источником загрязнения атмосферного воздуха

Содержание бенз(а)пирена в воздушном бассейне
некоторых населенных пунктов Украины, нг/м³

ПХДД и ПХДФ. Больше всего уровни этих веществ (170 нг/м³) образуется в медеплавильных и электродуговых печах, что подтверждается данными анализов выбросов из разных промышленных печей, выполненных в рамках национальной стратегической программы US EPA по диоксину (US EPA National Dioxin Strategy).

Потери другого вещества — ртути, которая загрязняет атмосферу, при производстве металла могут достигать 5—7% общего объема выпуска металла. В процессе выплавки 1 т черной меди в воздушный бассейн выбрасывается более 2 т пыли, в которой содержится 4% ртути. Ртуть поступает в атмосферный воздух в виде пара и частиц аэрозоля. В табл. 68 приведена концентрация ртути в атмосферном воздухе в районе расположения разных производств.

В районе Клинского завода "Термприбор", который перерабатывает до 90 тыс. т ртути, концентрация ее пара в радиусе 1 км от предприятия превышает ПДК_{м.р} в 2—3 раза. Содержание пара ртути Хайдарканского металлургического комбината в атмосферном воздухе селитебной территории превышает ПДК_{м.р} в 40—50 раз, в районе городской больницы — в 280 раз.

Предприятия по выпуску и переработке цветных сплавов при современной организации технологических процессов и методов улавливания вредных выбросов представляют серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья населения (табл. 69).

Производство алюминия является основой цветной металлургии. По оценкам отечественных специалистов, мировые запасы алюминия (среди бокситов) занимают второе место (после железа), а по среднему годовому приросту использования стоят на первом месте среди металлов. Вследствие роста производства алюминия увеличивается объем отходов. Технологический процесс алюминия включают 4 этапа: 1) получение чистого глинозема; 2) получение криолита и алюминия фторида; 3) изготовление малозольных угольных электродов; 4) электролиз криолино-глиноземных расплавов. На первых этапах в атмосферу

ТАБЛИЦА 68
Содержание ртути
в атмосферном воздухе
на расстоянии 0,5—1 км от
источника выброса, мкг/м³

Производство	Мини- маль- ное	Макси- маль- ное
Металлургический завод	0,42	0,93
Коксохимическое производство	0,16	2,90
Завод химических реактивов	0,30	1,40
Завод цветных металлов	0,28	0,82

ТАБЛИЦА 69
Кратность превышения ПДК_{м.р}
загрязняющих веществ в атмосферном
воздухе в зоне влияния выбросов
завода цветных металлов

Загрязняющее вещество	Расстояние, м			
	300	500	1000	2000
Пыль	1,56	1,38	1,14	1,39
СО	3,10	3,30	3,30	2,80
SC-2	4,40	3,20	1,60	3,20
N O ₂	0,95	1,10	1,10	0,70
H ₂ S	8,40	6,40	6,10	8,30
HF	8,60	7,20	4,80	2,60
HCl	18,70	13,30	13,20	8,00
Pb	4,0	6,7	2,7	1,00

выбрасывается бокситная пыль, на последнем — пыль кальцинированной руды. Во время кальцинации глинозема, спекания и выжигания вынос пыли глинозема достигает 150—200% от полученной продукции. В процессе получения алюминия фторида и криолита атмосфера загрязняется газообразным водородом фторидом. В атмосферном воздухе в районе расположения алюминиевых предприятий концентрация NaF колеблется от 0,1 до 19,5 мг/м³, CaF₂ — от следов до 24,2 мг/м³. В выбросах алюминиевых производств содержатся также полициклические ароматические углеводороды, в частности: бенз(а)пирен, бенз(а)антрацен, дибенз(а)антрацен.

N-нитрозосоединения поступают в атмосферный воздух при производстве аминов, резины, резиновых изделий, искусственной и натуральной кожи, косметических средств, вследствие синтеза в окружающей среде из их предшественников — убиквитарных представителей азотсодержащих соединений. Они не только содержатся в атмосферном воздухе, но и образуются в организме. Одним из наиболее распространенных соединений этой группы является нитрозодиметиламин (табл. 70).

Следовательно, в атмосферном воздухе всех указанных выше зон идентифицирован комплекс веществ N O₂, ДМА, НДМА. Для каждого из них в зависимости от количественных и качественных особенностей источников выбросов формируются определенные уровни. Анализ их количественного соотношения свидетельствует о том, что в отличие от района промышленных предприятий, где концентрация НДМА коррелирует с содержанием N O₂ и ДМА, в зонах селитебной территории на фоне равномерного относительно невысокого загрязнения атмосферного воздуха ДМА четко выраженная связь наблюдается только между концентрацией НДМА и N O₂.

Выбросы химической промышленности загрязняют атмосферный воздух населенных мест широким спектром ингредиентов, а именно: оксидами, диоксидами серы и углерода, углеводородами алифатического ряда, альдегидами, кетонами, спиртами, галогенсодержащими соединениями, твердыми частица-

Содержание нитрозодиметиламина и его предшественников
в атмосферном воздухе различных функциональных зон Киева

Зона города	Вещество	Концентрация	Кратность превышения ПДК _{ср} сут
Промышленная	N ₀ ₂	0,025—0,388	9,7
	ДМА	0,019—0,046	9,2
	НДМА	20,0—220,6	4,4
Автомобильная	N ₀ ₂	0,013—0,275	6,9
	ДМА	0,001—0,006	1,2
	НДМА	23,0—100,0	2,0
Жилая	N ₀ ₂	0,015—0,208	5,2
	ДМА	0,001—0,006	1,2
	НДМА	22,0—58,3	1,2
Парковая	N ₀ ₂	0,011—0,197	4,9
	ДМА	0,001—0,005	1,0
	НДМА	0,009—19,3	0,4

Примечание. Содержание N₀₂ и ДМА приведено в мг/м³; НДМА — в нг/м³.

ми. Одной из ведущих отраслей химической промышленности является нефтеперерабатывающая. Нефть является источником эмиссии углеводородов и сероводорода. Атмосферный воздух в районе нефтеперерабатывающих производств содержит ацетон, бензол, акролеин, диметиламин, изопропилбензол, аэрозоль парафина, высшие спирты, жирные кислоты, а также углерода оксид, муравьиную и хлористоводородную кислоты. Эти вещества распространяются от источника выброса в радиусе 10—13 км с наибольшим уровнем загрязнения на расстоянии 1,5 км.

Не менее важную роль в ухудшении качества воздушного бассейна играют предприятия целлюлозно-бумажной промышленности. На стадии делигнификации древесины образуются диоксины. Поскольку лигнин (а это четверть древесной массы) содержит фенольные фрагменты, образование хлорированных фенолов и феноксифенолов — предшественников диоксинов ПХДЦ и ПХДФ — в процессе хлорирования лигнина неизбежно.

Для отбеливания целлюлозы используют хлор и его соединения: хлора оксид, гипохлориты, хлориты и хлораты. Так, на 50 млн т отбеленной целлюлозы, вырабатываемой в мире, ежегодно приходится 250 тыс. т хлорорганических соединений, поступающих в атмосферу. Диоксины выявлены не только в пульпе, фильтрате (до 40 нг/кг), твердых и жидких отходах производства (400 нг/кг), но и в газах, образуемых в процессе их сжигания (22 разных изомера и гомологи ПХДД и ПХДФ с числом атомов хлора от 4 до 8, включая 12 из наиболее токсичных). Производство целлюлозы сопровождается поступлением в атмосферный воздух значительного количества органических и неорганических соединений серы, пыли, летучих органических растворителей. Так, во время производства 1 т целлюлозы в атмосферу выделяется 5,5 кг серы диоксида, 6,3 кг сероводорода, 3 кг диметилсульфида.

К экологически опасным источникам загрязнения атмосферного воздуха относится и производство цемента, кирпича, асфальта, рубероида, асбеста и гипса. Характерным для этой отрасли промышленности является выделение частиц пыли диаметром до 10 мкм, а также соединений фтора, свинца, мышьяка, ртути, кремния диоксида, углерода оксида.

Почва — общеизвестный источник загрязнения атмосферного воздуха. Со свободной территории населенного пункта, которая не озеленена и не покрыта зимой снегом, при малейшем ветре почвенная пыль поднимается в воздух. Это минеральная пыль, в которой при неудовлетворительной организации санитарной очистки населенного пункта может содержаться значительное количество органических веществ, микроорганизмов, яиц гельминтов (30—40 в 1 кг).

На территории вдоль автомобильных трасс и вокруг свинцовоплавильных заводов (в радиусе до 30 км) почва интенсивно загрязняется свинцом, а вокруг ртутных производств — ртутью, которые затем мигрируют в приземной слой атмосферного воздуха. Концентрация свинца достигает 0,085 мг/м³, а ртути — 0,002 мг/м³. Из почвы промышленных районов, на территории которых расположены предприятия, использующие хлорированные бифенилы, в воздух поступают полихлорированные бифенилы. Содержание их в атмосферном воздухе составляет 2 мкг/м³.

Вследствие внедрения в сельском хозяйстве интенсивных технологий, предусматривающих широкое использование удобрений и пестицидов с разными физико-химическими свойствами, стабильностью и токсичностью, из почвы в процессе испарения, а также фото- и биохимических реакций в атмосферный воздух мигрируют продукты трансформации пестицидов, которые значительно токсичнее по сравнению с самими препаратами. В безветренную погоду, при температурной инверсии, высокой влажности воздуха в таких районах образуется токсичный туман, который может привести к острому отравлению.

Е.И. Гончарук с сотрудниками впервые установил механизм образования токсичного тумана. Научно обосновано, что его капельки могут адсорбировать на своей поверхности пестициды. И концентрация их в 1 м³ тумана может в тысячу раз превышать максимально возможное количество этих соединений в сухом воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях. Установлено, что из почвы, загрязненной гербицидами, содержащими ТХДД, в атмосферный воздух поступают трехциклические ароматические соединения. С учетом периода полураспада 2,3,7,8-тетраХДД в почве (10—12 лет), загрязнение атмосферного воздуха может происходить достаточно продолжительное время. ТХДД испаряется также с поверхности свалок отходов, бассейнов (табл. 71).

ТАБЛИЦА 71
Интенсивность эмиссии 2,3,7,8-тетраХДД
из почвы и водоемов в атмосферу

Значительный удельный вес в сельском хозяйстве имеют животноводческие комплексы, сточные воды которых загрязняют атмосферный воздух углерода диоксидом, сероводородом, аммиаком, индолом, скатолом, этиламином, органическими кислотами, а также бактериями, яйцами гельминтов. Из 1 м³ атмосферного воздуха в районе расположения животноводческих комплексов высевают 1—2 млн микроорганизмов.

Закономерности распространения в атмосферном воздухе загрязняющих веществ

В управлении качеством воздушного бассейна большое значение имеет знание закономерностей распространения вредных веществ в атмосферном воздухе. Данные об условиях переноса и распределения примесей в атмосферном воздухе необходимы для: 1) государственного планирования мероприятий в области охраны атмосферного воздуха; 2) проектирования и строительства населенных пунктов; 3) развития зон рекреации; 4) рационального размещения жилых районов и промышленных предприятий, расположения территорий разного назначения по отношению друг к другу; 5) разработки наиболее информативных и адекватных критериев оценки загрязнения атмосферного воздуха; 6) установления вкладов, вносимых источниками, расположенными в определенном районе, в общее загрязнение атмосферного воздуха; 7) разработки карт расчетных концентраций для различных атмосферных загрязнений; 8) прогнозирования качества атмосферного воздуха; 9) построения модельных систем мониторинга состояния атмосферного воздуха; 10) предупреждения неблагоприятного воздействия вредных веществ на здоровье населения. Для гигиенической оценки тенденций в изменении состояния атмосферного воздуха необходимо помимо состава вредных веществ, обуславливающих специфику их действия на организм человека, знать их концентрацию, определяющую интенсивность влияния того или иного ингредиента. Концентрация атмосферных загрязнений зависит от ряда факторов, а именно: *величины выброса, высоты выброса, расстояния от источника выброса, метеорологических условий (направление, скорость ветра, влажность, атмосферное давление, температурная инверсия, солнечная радиация).*

Объем вредных веществ, поступающих в атмосферный воздух, неодинаков в разных районах зависит от вида и интенсивности антропогенной деятельности, а также принимаемых мер для сокращения. На основании многолетних наблюдений установлено, что чем больше выброс за единицу времени, тем больше вредных веществ поступает в воздушный бассейн. Эта зависимость подтверждается данными, приведенными в табл. 72.

При изменении величины выброса в диапазоне от 8 до 102 г/кг топлива концентрация серы диоксида увеличивается в 31 раз. Технология, режим эксплуатации производства, наличие и эффективность работы пылегазоочистных установок обуславливают сезонные и суточные изменения величины выброса. Так,

ТАБЛИЦА 72

Зависимость концентрации
серы диоксида от величины
выброса при сжигании угля

Величина выброса, г/кг	Концентрация	
	г/м ³	%
102	22,7	0,79
68	11,6	0,41
52	10,4	0,36
36	3,16	0,11
8	0,73	0,025

ТАБЛИЦА 73

Сезонные колебания
концентрации сажи и серы
диоксида в атмосферном воздухе

Время года	Концентрация, мг/м ³	
	Сажа	Серы диоксид
Зима	0,141	1,500
Весна	0,120	0,880
Осень	0,080	1,000
Лето	0,060	0,140

ТЭС, котельные в теплое время года работают с меньшей мощностью и поэтому расходуют меньше топлива. Следовательно, выбросы золы, сажи и серы диоксида уменьшаются (табл. 73).

Если зимой фактическая концентрация сажи составляла 0,141 мг/м³, а серы диоксида — 1,500 мг/м³, то летом их содержание в атмосферном воздухе уменьшилось в 2 и 11 раз соответственно. Установлено, что в холодное время года в дальний перенос вовлекается больше соединений серы, чем в теплое. Продолжительность пребывания их зимой возрастает в 1,5 раза, а скорость трансформации увеличивается летом в 2,5 раза. Величина выброса атмосферных загрязнений изменяется и в течение суток. Концентрация их ночью ниже, чем утром, в 5—10 раз. То, что максимальная концентрация углерода оксида, диоксида и других наиболее распространенных в воздушной среде населенных мест ингредиентов наблюдается именно днем, объясняется увеличением интенсивности выбросов промышленными предприятиями и транспортом в это время суток. Резко отражаются на абсолютной величине выброса и изменения в работе пылегазоочистных установок. Так, при снижении коэффициента очистки с 99,8 до 99,2 выброс увеличивается в 4 раза. Объем выброса может изменяться также при переходе на другой вид топлива и технологию сжигания. Использование многозольного и многосернистого топлива приводит к увеличению выбросов золы, серы диоксида и других ингредиентов (табл. 74, 75).

Следовательно, при сжигании природного газа выброс аэрозолей по сравнению с выбросом твердых частиц во время сжигания топливной нефти меньше в 4 раза, серы диоксида — в 1570 раз, углеводородов — в 6,25 раз.

Сравнительная характеристика величины выброса указанных выше ингредиентов в зависимости от технологии сжигания топлива свидетельствует о наибольшей экологической безопасности конвейерной решетки. В Киеве на Дарницкой и Киевской ТЭС с изменением топливной структуры (увеличение использования природного газа до 98,5%) выброс золы уменьшился в 3 раза, а серы диоксида — в 5 раз.

При одинаковом абсолютном выбросе степень загрязнения атмосферного воздуха в населенных пунктах может значительно изменяться в зависимости от высоты выброса. Различают высокие ($H > 50$ м), средние ($H = 10—50$ м),

ТАБЛИЦА 74

Изменение величины выброса в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании природного газа и нефти

Загрязняющее вещество	Электростанции	Промышленные котельные	Коммунальные котельные
<i>При сжигании природного газа, г/м³</i>			
Аэрозоли	0,08—0,24	0,08—0,24	0,08—0,24
Серы диоксид	0,01	0,01	0,01
Углеводороды	0,016	0,05	0,03
Азота диоксид	11	1,9—3,7	1,3—1,9
<i>При сжигании топливной нефти, г/м³</i>			
Аэрозоли	0,3—1	0,3—1	0,1
Серы диоксид	15,7	15,7	14,2
Углеводороды	0,1	0,1	0,1
Азота диоксид	10,5	6	1,8

ТАБЛИЦА 75

Изменение величины выброса вредных веществ в зависимости от технологии сжигания битуминозного угля, кг/т

Вид топки	Твердые частицы	SO ₂	CO	Углеводороды	HC-2	Альдегиды
Конвейерная решетка	0,45	17,0	0,454	Следы	4,540	0,0026
Ручная топка	4,54	17,0	40,80	1,130	1,370	0,0026

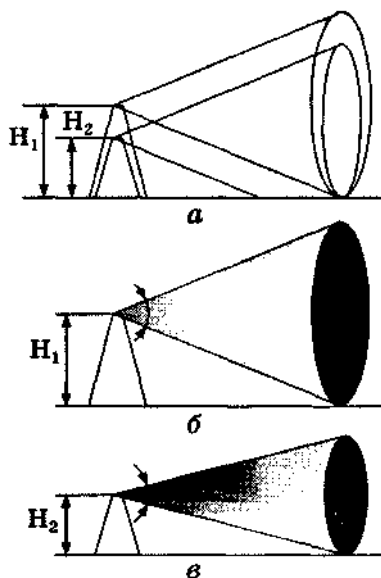


Рис. 79. Изменение сечения дымового факела при разной высоте выброса (а, б, в)

низкие ($H = 2—10$ м) и наземные ($H < 2$ м) источники выбросов. На основании фундаментальных исследований, выполненных гигиенистами школы В.О. Рязанова, было установлено: чем выше источник выброса, тем больше сечение дымового факела в точке касания его поверхности земли и во всех точках, больше скорость ветра, интенсивнее процессы турбулентности, а также меньше концентрация примесей. Изменение сечения дымового факела определяется величиной раскрытия его угла. По данным Г.В. Шелейховского (1949), угол раскрытия факела колеблется в пределах $10—60^\circ$ (рис. 79).

Данные, приведенные в табл. 76, подтверждают эту зависимость.

Так, при изменении высоты выброса газозоо-воздушной смеси (ГВС) от 2 до 36 м, т. е. при увеличении ее в 18 раз, концентрация пыли уменьшается в 416 раз, а серы диоксида — в 159 раз при $V = 210$ м³/с, $M_{\text{пшии}} = 0,225$ г/с,

$M_{so} = 0,074$ г/с. ГВС при этом переносится на большие расстояния. Считают, что при высоких "горячих" выбросах зона максимального загрязнения находится в пределах 10—40-кратной высоты этих выбросов, а при "холодных" низких — в пределах 5—20-кратной высоты.

Степень разбавления выброса атмосферным воздухом зависит и от расстояния, которое проходит ГВС до определенной точки. Чем дальше относится дым от места выброса, тем больше сечение факела. Данные, приведенные в табл. 77, дают возможность проанализировать динамику изменения содержания пестицидов в атмосфер-

ном воздухе в зависимости от удаления неорганизованных источников загрязнения воздушного бассейна. Хлорорганические пестициды распространяются в радиусе 600 м от складов хранения. Их концентрация уменьшается в атмосферном воздухе по мере удаления (с 3,65 до 0,25 мг/м³). При увеличении расстояния в 6 раз максимальное содержание этих веществ в атмосферном воздухе уменьшается в 11 раз, а на расстоянии 700—1000 м они не определяются. Такая же закономерность характерна и для расщепления фосфорорганических пестицидов. Но, в отличие от хлорорганических пестицидов, они распространяются в радиусе 900 м. На основании проведенных исследований была рекомендована СЗЗ для таких складов размером не менее 1000 м.

В реальных условиях концентрация веществ, загрязняющих атмосферный воздух, снижается медленнее, так как дымовой факел, касаясь земли, деформируется, сечение его увеличивается меньшей степени, чем квадрат расстояния. Значение этой поправки возрастает по мере удаления ГВС от источника

ТАБЛИЦА 76
Влияние высоты выброса на уровень загрязнения атмосферного воздуха пылью и серы диоксидом

Высота выброса, м	Концентрация, мг/м ³	
	Пыль	Серы диоксид
36	0,012	0,001
10	0,181	0,016
5	2,022	0,074
2	4,999	0,159

ТАБЛИЦА 77
Распространение пестицидов в атмосферном воздухе в зависимости от оаоложения складов

Пестициды	Удаление от складов, м	Концентрация пестицидов, мг/м ³			Пестициды	Удаление от складов, м	Концентрация пестицидов, мг/м ³		
		максимальная	минимальная	средняя			максимальная	минимальная	средняя
Хлорорганические	100	3,65	2,24	2,96	Фосфорорганические	100	0,30	0,30	0,30
	200	2,50	2,16	2,28		200	1,48	1,28	1,38
	300	1,88	0,28	0,96		300	0,079	0,039	0,06
	400	0,76	0,26	0,50		400	0,062	0,037	0,048
	500	0,29	0,23	0,26		500	0,55	0,034	0,040
	600	0,25	—	—		600	0,207	0,030	0,102
	700	—	—	—		700	0,088	0,074	0,028
	800	—	—	—		800	0,074	0,060	0,022
	900	—	—	—		900	0,060	—	0,004
	1000	—	—	—		1000	—	—	—

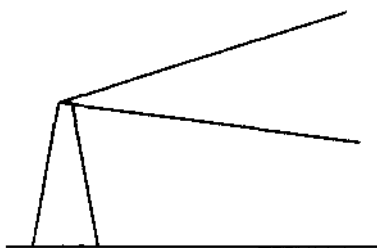


Рис. 80. Конусообразный факел

выброса. Вот почему концентрация атмосферных загрязнений в воздухе снижается медленно. Эти данные имеют важное значение для обоснования размера СЗЗ промышленных предприятий. Экспериментально установлено, что от предприятий строительной промышленности и машиностроения наибольшие концентрации примесей в атмосферном воздухе наблюдаются на расстоянии до 1 км. Крупные химические и металлургические предпри-

ятия создают максимум загрязнения в радиусе 2—4 км. Многочисленные газовые и дымовые факелы на территории города могут перекрываться, образуя большие зоны повышенного загрязнения воздуха. Это необходимо учитывать при обосновании фоновых концентраций. Характер эмиссии вредных примесей, выбрасываемых промышленными предприятиями, проиллюстрирован на рис. 80—84.

Конусообразный факел наблюдается при безразличной устойчивости атмосферы, когда превалирует механическая турбулентность, а небо затянуто облаками днем и ночью. Половина угла факела составляет почти 10° . Большая часть загрязнений переносится ветром на значительные расстояния, прежде чем достигнет уровня земли.

Волнообразный факел наблюдается в условиях сильной конвективной турбулентности и является следствием сверхадиабатического вертикального градиента температуры, который приводит к значительной неустойчивости атмосферы. Характерен для ясных дней, когда земная поверхность нагревается солнечными лучами. Тепловые вихри могут быть достаточно сильными, чтобы переносить выбросы вниз до уровня земли за короткое время. Хотя здесь наблюдается тенденция к рассеиванию примесей в большом объеме, в отдельных участках приземного слоя концентрация их может быть значительной.

Нитевидный факел наблюдается при условии большого отрицательного градиента температуры, образования инверсии над трубой. Механическая турбулентность выражена слабо. Если плотность ГВС незначительно отличается от плотности воздуха, примеси перемещаются в направлении ветра приблизительно на одинаковой высоте. Чаще бывает в ясные ночи, когда земля охлаждается, излучая тепло. Земной поверхности достигает лишь небольшое количество летучих веществ.

Задымляющий факел наблюдается в том случае, если устойчивый слой воздуха находится на небольшом расстоянии, над точкой выброса, а неустойчивый — ниже выброса. Температурный профиль, способствующий образованию задымления, формируется рано утром. Утреннее солнце нагревает землю, развивается отрицательный температурный градиент в направлении от поверхности земли. Когда неустойчивый слой достигает высоты трубы, большие объемы выброса из нее переносятся в направлении ветра к поверхности земли. Это длится не более получаса. Но в течение этого времени приземная концентрация может достигать относительно высоких значений. Задымлению

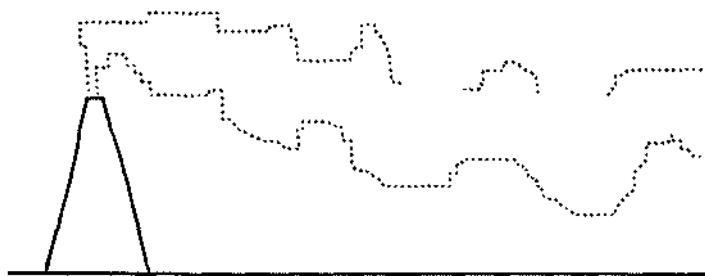


Рис. 81. Волнообразный факел

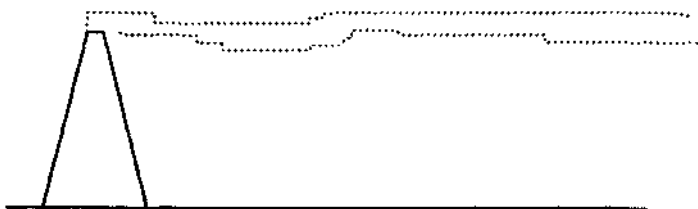


Рис. 82. Нитевидный факел

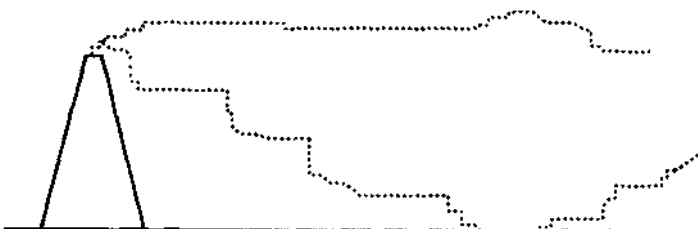


Рис. 83. Задымляющий факел

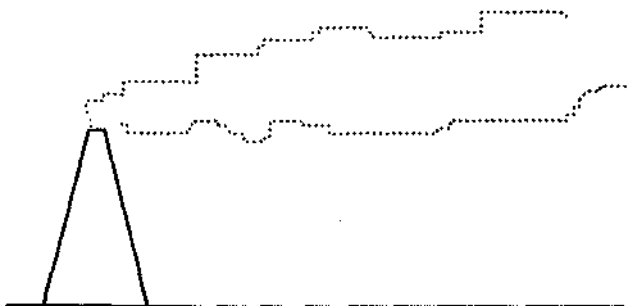


Рис. 84. Приподнятый факел

способствуют ясное небо и слабый ветер. Чаще всего такие условия создаются летом.

Приподнятый факел появляется в то время, когда слой инверсии находится ниже выброса. Формируется в полдень и на рассвете при ясном небе. В течение

суток под действием солнечных лучей отрицательный температурный градиент развивается во всем нижнем слое атмосферы. Тепло, излучаемое поверхностью земли после полудня, способствует образованию приземной инверсии. Когда слой инверсии углубляется, приподнятая струя ГВС переходит в нитевидный факел. При таких условиях загрязнения рассеиваются во время перемещения примесей в направлении ветра, и значительной приземной концентрации не наблюдается.

Рассеивание вредных веществ в атмосфере является следствием трех основных механизмов: 1) усредненного движения масс воздуха, переносящего загрязнения в направлении ветра; 2) турбулентных флюктуации, рассеивающих примеси во всех направлениях; 3) массовой диффузии, связанной с градиентом концентрации. Вместе с тем такие общие аэродинамические характеристики, как размер, форма и масса твердых аэрозольных частиц, влияют на процесс их переноса и седиментации.

Большое значение в формировании загрязнения воздушного бассейна в городе имеет направление ветра. При относительно равномерном размещении промышленных объектов на территории населенного пункта зона повышенного содержания ингредиентов смещается в подветренную сторону. Строительство промышленных объектов даже за чертой города по отношению к жилым кварталам без учета розы ветров может привести к тому, что выбросы будут переноситься в сторону города. Особенно большую роль играет направление ветра в городах, которые имеют вытянутую форму. Если вытянутость города совпадает с преобладающим направлением ветра, то имеет место наложение факелов выбросов от различных источников с образованием зоны повышенного загрязнения в подветренной части города. Поэтому при осуществлении предупредительного государственного санитарного надзора промышленные объекты необходимо размещать в направлении, исключающем возможность создания неблагоприятной экологической ситуации. Установлено, что для одиночных источников выбросов максимум концентрации атмосферных загрязнений наблюдается при направлении ветра, вдоль этих источников, а если имеется группа параллельно расположенных источников, то неблагоприятным оказывается ветер, направленный перпендикулярно к ним. Наряду с этим необходимо учитывать, что под влиянием сезонных и суточных изменений направления ветра в районах с бризовой или муссонной циркуляцией перемещаются наибольшие концентрации примесей. Так, в Лос-Анджелесе высокая концентрация веществ перемещается на расстояние до 16 км. Утром, когда ветер дует с моря, область наибольшего загрязнения совпадает с центром города, а вечером, когда он изменяет направление, центр максимального содержания примесей смещается к побережью. Полученные данные дают возможность рационально размещать предприятия по отношению к жилым массивам и оценить достаточность размеров их СЗЗ.

Если бы уровень загрязнения атмосферного воздуха зависел только от величины выброса и направления ветра, то он не изменялся бы при постоянном выбросе и одном и том же направлении ветра. Однако в реальных условиях атмосферный цикл начинается с выброса примесей в воздух, после чего они

переносятся ветром и разбавляются воздухом. В этом процессе играет роль скорость ветра. Установлено, что наибольшая концентрация примесей в приземном слое атмосферного воздуха образуется при определенной скорости ветра, которую называют опасной. Значение ее зависит от типа источника выбросов и определяется по формуле:

$$u_m = 0,65 \sqrt{\frac{V \Delta T}{H}},$$

где H — высота трубы (м); V — объем выбрасываемой ГВС ($\text{м}^3/\text{с}$); ΔT — разница температур ГВС и атмосферного воздуха ($^{\circ}\text{C}$).

По температуре выходящей ГВС выбросы подразделяют на: очень нагретые ($\Delta T = T_{\text{выб}} - T_{\text{атмвозд}} > 100^{\circ}\text{C}$), умеренно нагретые ($20^{\circ}\text{C} < \Delta T < 100^{\circ}\text{C}$), слабо нагретые ($0^{\circ}\text{C} < \Delta T < 10^{\circ}\text{C}$), изотермические ($\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$) и холодные ($\Delta T < 0^{\circ}\text{C}$). Подъем горячих потоков ГВС в основном обусловлен тем, что температура выходящих газов выше температуры воздуха. При распространении потока ГВС в направлении ветра разбавление струи вдоль оси пропорционально средней скорости ветра на высоту потока. Чтобы предупредить отклонение потока вниз, вблизи горловины трубы скорость выбросов ГВС должна быть достаточно большой. Нисходящее движение потока от горловины трубы будет минимальным, если скорость выброса ГВС будет вдвое превышать скорость ветра на уровне горловины трубы. Наряду с этим установлено, что при низких выбросах повышенный уровень загрязнения воздуха определяется при слабом ветре ($0-1$ м/с) за счет накопления примесей в приземном слое атмосферного воздуха. При такой скорости ветра концентрация примесей на 30—70% выше, чем при других его скоростях. При высоких выбросах повышенный уровень загрязнения воздуха определяется при скорости ветра в пределах 4—6 м/с. В современных промышленных центрах наблюдается два пика концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в зависимости от скорости ветра. Первый пик характерен для низких выбросов и обусловлен выхлопными газами автотранспорта. Второй пик характерен для высоких выбросов. Он обусловлен выбросами крупных промышленных предприятий. При штиле выброс ГВС приводит к росту концентрации твердых аэрозольных частиц и плотных газов вблизи трубы, так как затухает турбулентный обмен и коэффициент рассеивания примесей сведен к нулю. В табл. 78 показана обратная связь между концентрацией вредных веществ и скоростью ветра. Если скорость ветра меняется от 0 до 5 м/с, фактическая концентрация сажи уменьшается от 0,147 до 0,099 $\text{мг}/\text{м}^3$, а серы диоксида — от 0,32 до 0,10 $\text{мг}/\text{м}^3$, т. е. на 33 и 69% соответственно.

Штилевые состояния наблюдаются во многих районах, но особенно они характерны для районов с континентальным кли-

ТАБЛИЦА 78
Зависимость концентрации сажи и серы диоксида от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$	
	Сажа	Серы диоксид
0—1	0,147	0,320
1—2	0,129	0,150
2—3	0,119	0,130
3—4	0,108	0,120
4—5	0,099	0,100

матом в периоды влияния антициклона. Ослабление ветра для большей территории страны наблюдается лишь до 20 м по вертикали. Поэтому на такой территории основное значение в повышении концентрации атмосферных загрязнений будут иметь низкие выбросы промышленных предприятий и выхлопные газы автотранспорта. Штили наблюдают обычно в утренние часы, максимум их повторяемости приходится на зимний период года.

Следующим фактором, который играет определенную роль в рассеивании примесей в атмосферном воздухе, является температурная стратификация, или распределение температуры по высоте. Атмосфера — это термодинамическая система, в которой вертикальное перемещение воздушных масс при определенных условиях может рассматриваться как адиабатический процесс. При этом каждая масса, поднимающаяся вверх, будет охлаждаться, а опускаясь, — нагреваться. Во время подъема массы воздуха атмосферное давление уменьшается, объем массы воздуха увеличивается, а температура снижается. Во время опускания массы воздуха ее объем уменьшается, а температура повышается.

Изменение температуры воздуха на каждые 100 м подъема, выраженной в градусах Цельсия, называется вертикальным температурным градиентом. Величина вертикального температурного градиента колеблется. В летний период она приближается к 1°C , а в холодный — снижается до десятых долей и минусовых величин. Международная стандартная атмосфера определена на основании усредненных метеорологических данных. Усредненная температура в средних широтах уменьшается линейно на высоте до $\sim 10,8$ км. При этом средняя температура на высоте 10,8 км составляет 288 К. Стандартный, или нормальный, температурный градиент равен $0,66^{\circ}\text{C}/100$ м.

Изменение температуры воздуха на 1°C на каждые 100 м вертикального слоя воздуха соответствует сухадиабатическому градиенту. Сухадиабатический вертикальный температурный градиент (минусовый температурный

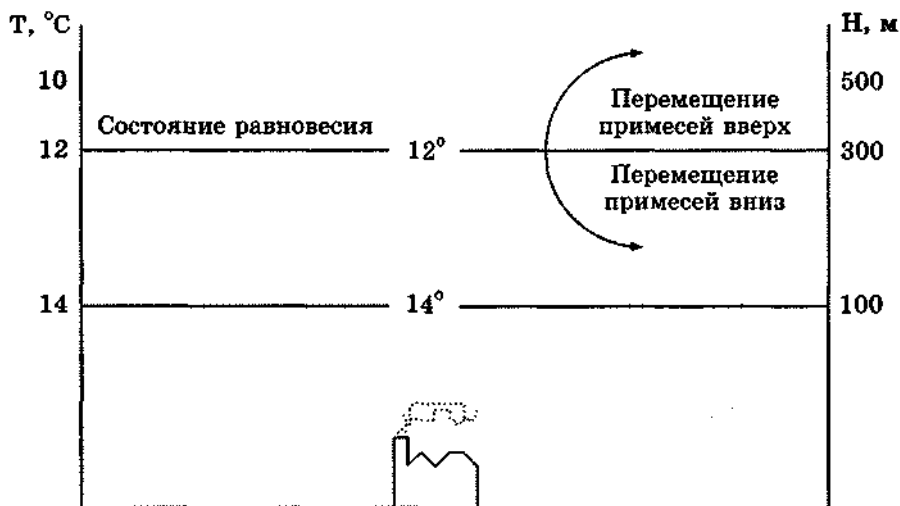


Рис. 85. Безразличное состояние атмосферы

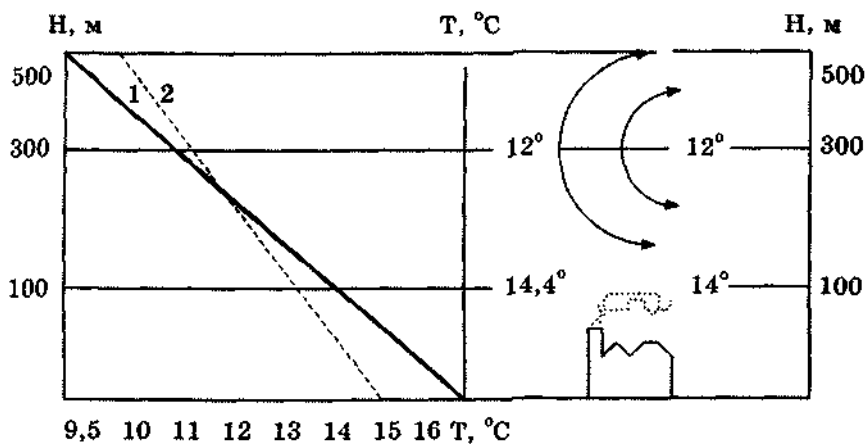


Рис. 86. Неустойчивое состояние атмосферы:
1 — сверхадиабатический градиент; 2 — сухадиабатический градиент

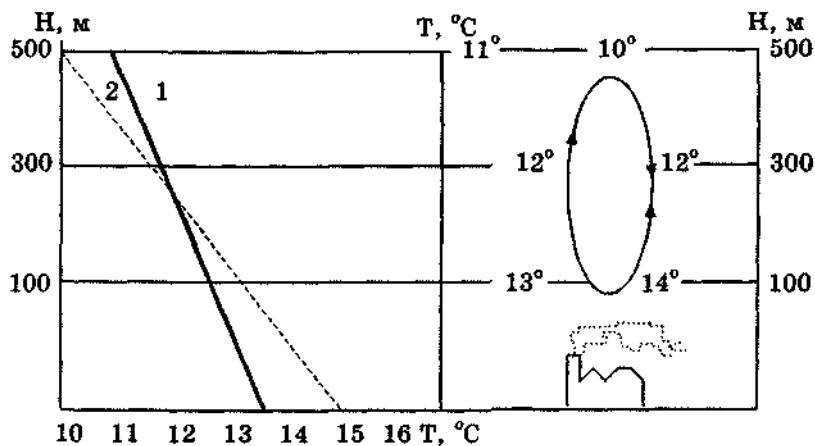


Рис. 87. Устойчивое состояние атмосферы:
1 — ниже адиабатического градиента; 2 — сухадиабатический градиент

градиент) является индикатором устойчивости атмосферы (способности атмосферы препятствовать вертикальным движениям и сдерживать турбулентность). Исходя из представления о сухадиабатическом температурном градиенте и фактических изменениях температуры по вертикали, определяют три типичных состояния атмосферы: безразличное (рис. 85), неустойчивое (рис. 86) и устойчивое (рис. 87).

При безразличном (нейтральном) состоянии атмосферы вертикальный температурный градиент примерно равен сухадиабатическому вертикальному. И любой объем воздуха, перемещающийся вверх или вниз, будет иметь такие же свойства (плотность, температуру в °C), как и масса воздуха, его окружающая.

При неустойчивом состоянии атмосферы (конвективном, сверхадиабатическом) вертикальный температурный градиент больше сухадиабатического. Это означает, что вертикальный температурный градиент более отрицательный, чем сухадиабатический вертикальный температурный градиент. Такое состояние бывает в том случае, если поверхность почвы сильно нагрета солнцем. Нагретые конвективные потоки поднимаются на значительную высоту, а холодные плотные массы опускаются вниз. В этом случае каждый объем воздуха, который опускается, будет холоднее и тяжелее, чем окружающая его среда, и поэтому будет продолжаться его движение вниз. И, наоборот, поднимаясь, воздух становится теплее и легче окружающей его среды, и поэтому будет продолжаться его движение вверх.

При устойчивом состоянии атмосферы вертикальный градиент атмосферного воздуха меньше сухадиабатического вертикального градиента. При этом объем воздуха, перемещающегося в вертикальном направлении, будет пытаться вернуться в начальное положение и наоборот. Когда с увеличением высоты температура повышается, градиент температуры отрицательный и атмосферные условия определяются как инверсия. Наличие инверсии уменьшает вертикальное перемешивание загрязнений, что приводит к увеличению их концентрации в приземном слое атмосферного воздуха. Наиболее часто встречаются инверсия оседания (приземная) и радиационная (приподнятая) инверсия. Инверсия оседания формируется путем адиабатического сжатия и нагревания слоя воздуха (за счет положительного градиента температуры в слое) в процессе его опускания, в области центра высокого давления. Таким образом, воздушная масса, которая опускается, наподобие огромной крыши размещается ниже слоя инверсии. Инверсия оседания появляется над источниками выбросов. Если она существует несколько суток, то приводит к накоплению загрязнений.

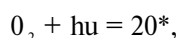
Радиационная инверсия образуется при потере радиационного тепла земной поверхностью. В этом случае поверхностные слои атмосферы в течение суток нагреваются за счет теплопроводности, конвекции и излучения земной поверхностью. Это отражается на температурном профиле нижней атмосферы, который характеризуется отрицательным температурным градиентом. Если затем наступает ясная ночь, то земная поверхность излучает тепло и быстро остывает. Слои воздуха, прилегающие к ней, охлаждаются. Слой атмосферы, прилегающий к земной поверхности, прикрывается стойким инверсионным слоем. Этот тип инверсии наблюдается в утренние часы, периоды ясного неба и несильных ветров. Инверсия разрушается после нагревания земли лучами утреннего солнца, что приводит к подъему потоков теплого воздуха. Радиационная инверсия играет важную роль в загрязнении атмосферы, так как находится внутри того слоя атмосферы, который содержит источники загрязнения (в отличие от инверсии оседания) и препятствует рассеиванию загрязнений в вертикальном направлении. Выброс распространяется в направлении ветра между двумя поверхностями — землей и основанием слоя приподнятой инверсии. Радиационная инверсия чаще всего наблюдается в безоблачные и безветренные ночи. Инверсия оседания и радиационная инверсия могут наблюдаться в атмосфере одновременно. Это явление называется ограниченным потоком.

Главными характеристиками инверсий температуры является их повторяемость, мощность и интенсивность. *Мощность инверсии* определяют по разнице между верхней и нижней границами инверсии, выраженной в километрах. *Интенсивность инверсии* — это разница температур на ее границах (°C). *Повторяемость приземных инверсий* и слабого ветра в континентальных районах определяет возможность застоя воздуха в этих районах. В результате частого застоя воздуха строительство предприятий с низкими и холодными выбросами на этой территории обуславливает накопление вредных веществ в приземном слое атмосферы. Средняя за год мощность приземных инверсий на большей части территории находится в пределах 0,3—0,5 км, а средняя за год интенсивность приземных инверсий — в диапазоне 1,5—10 °C.

Максимальные мощности и интенсивность инверсий наблюдаются зимой. Образуется как бы большая крыша, препятствующая поднятию загрязненного воздуха подниматься в верхний слой атмосферы. Местные климатические условия, рельеф местности могут способствовать распространению выбросов от источника загрязнения за пределы населенного пункта на десятки и сотни километров. Поэтому при проектировании промышленных предприятий должны быть предусмотрены такие условия, при которых максимальная приземная концентрация вредных веществ, поступающих в атмосферный воздух с выбросами, была бы ниже их ПДК. В Украине зимой наблюдается значительная повторяемость приподнятой инверсии, охватывающей большую территорию. Инверсия усиливается в глубоких впадинах, котловинах, обрывах, долинах рек. Холодный воздух опускает и подтекает под теплый, образуя "озеро холода". В таких долинах при наличии источников вредных выбросов концентрация загрязнений в атмосферном воздухе значительно повышается. Им свойственна высокая устойчивость состояния воздушных масс, которая нарушается лишь над кромкой.

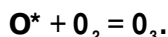
На степень загрязнения атмосферного воздуха влияют облачность, туманы, радиационный режим и осадки. Так, облачность, особенно низкая, препятствует турбулентному обмену в атмосфере и способствует появлению продолжительной инверсии, при которой количество примесей в воздухе увеличивается от 10 до 60% . При поглощении примесей влагой могут образоваться более токсичные вещества. Например, происходит окисление серы диоксида до серной кислоты. При этом возрастает массовая концентрация примеси, так как вместо 1 г серы диоксида образуется 1,5 г серной кислоты. Во время тумана концентрация загрязнений увеличивается на 40—110% по сравнению с наблюдающейся до тумана. Под влиянием солнечной радиации происходят фотохимические реакции и образуются вторичные продукты загрязнения атмосферы, которые могут быть токсичнее веществ, поступающих из источников выброса. Фотохимические реакции, протекающие в атмосфере, были бы невозможными, если бы от источника не поступала необходимая энергия. Например, молекулярный кислород диссоциирует при энергии 500 кДж/моль. Такая энергия не может быть получена от газов при низкой температуре в атмосфере. Ее обеспечивает солнечная радиация. Инфракрасная область спектра охватывает от 1 до 100 мкм ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м} = 10^4 \text{ Å}$). Фотоны, излучаемые Солнцем ($\lambda = 1 \text{ мкм}$), имеют энергию 125 кДж/моль. Очевидно, что при $\lambda = 100 \text{ мкм}$, энергия кванта

света составляет 1,25 кДж/моль. Фотоны этого диапазона энергии могут нагреть газ или привести его молекулы в возбужденное вращательное или колебательное состояние. Однако они не обуславливают перемещение электронов. Для разрыва связи С—С или С—Н необходима энергия почти в 350 и 420 кДж/моль соответственно. В УФ-диапазоне спектра от 0,4 до 0,2 мкм энергия фотонов составляет от 290 до 580 кДж/моль. Поэтому большинство фотохимических реакций происходит в близком ультрафиолетовом излучении или в нижней области видимого спектра. Фотохимическую диссоциацию молекул можно рассматривать как двухступенчатый процесс: 1) поглощение молекулой кванта энергии, что приводит их в состояние возбуждения; 2) диссоциация молекулы с образованием продуктов реакции. Так, в верхней атмосфере (более 80 км) фотоны $\lambda = 0,2$ мкм атакуют молекулярный кислород, вследствие чего образуется атомарный кислород. И в этой области кислород существует в виде одноатомных молекул кислорода:

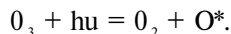


где $h\nu$ — энергия фотона; ν — частота, h — постоянная Планка ($6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с).

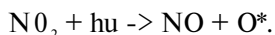
В нижней атмосфере высотах атомарный кислород принимает участие в реакции рекомбинации с образованием молекулярного кислорода — реакции присоединения O_2 с образованием озона:



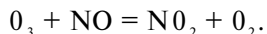
Под действием фотонов $\lambda = 0,2-0,29$ мкм происходит фотохимическая диссоциация озона:



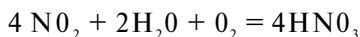
Вследствие этой реакции над поверхностью земли образуется слой озона с наибольшей концентрацией на высоте между 16 и 32 км. В нижней атмосфере (тропосфере) озон образуется при фотохимическом цикле азота диоксида. При излучении $\lambda = 0,38$ мкм азота диоксид диссоциирует по реакции:



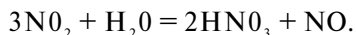
Это одна из наиболее важных фотохимических реакций в нижней атмосфере, поскольку в ней образуется высокоактивный атомарный кислород. Атомарный кислород соединяется с молекулярным кислородом, образуя озон. Озон взаимодействует с азота оксидом, образуя азота диоксид и молекулярный кислород:



Возможны и другие реакции при участии веществ, содержащих азот и кислород. Азота диоксид может снова вступать в реакции, пока не преобразуется в кислоту или не прореагирует с органическими соединениями с образованием нитросоединений. Например, в присутствии капель водяного пара:



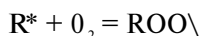
или во время гидролиза в газовой фазе:



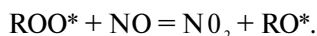
Установлено, что концентрация озона в атмосфере возрастает пропорционально количеству азота оксида, окисленному до азота диоксида. Озон и атомарный кислород, который образуется вследствие диссоциации азота диоксида, реагирует с разными способными к реакции органическими веществами (особенно с олефинами с разветвленными и прямыми цепочками и внутренними двойными связями, три-, тетраалкилбензолами и олефинами с конечными двойными связями, диалкилбензолами, альдегидами, этиленом, толуолом, углеводородами парафинового ряда, ацетиленом, бензолом и др.) с образованием органических и неорганических свободных радикалов:



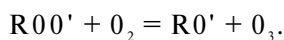
где RO^* , HCO^* — свободные радикалы. Альдегид $RCHO$, который образуется в этой реакции, загрязняет атмосферный воздух. Затем происходит реакция взаимодействия свободного радикала с молекулярным кислородом с образованием перекисных радикалов (ROO^*):



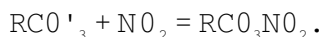
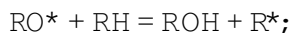
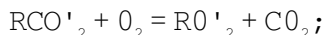
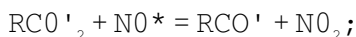
Эти перекисные радикалы способны окислять NO в NO_2 :



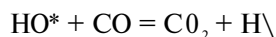
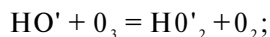
Таким образом, за счет реакций углеводородов этого типа увеличивается количество азота диоксида и озона. Дополнительным источником образования озона может быть также реакция перекисных радикалов с молекулярным кислородом:



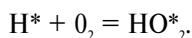
Часто один и тот же радикал, который является продуктом одной реакции, выступает как реагент в другой реакции. Поэтому относительно небольшое количество различных свободных радикалов может быть ответственным за образование таких веществ, как альдегиды, кетоны, углерода оксид, диоксид, соединения по типу пероксиацетилнитратов, перекисных, гидроперекисных соединений, пероксида водорода:



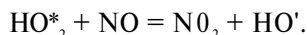
В атмосфере населенных пунктов могут происходить и другие реакции образования свободных радикалов. При этом атомарный кислород реагирует с водой, образуя гидроксильные радикалы (HO^*). Гидроксильный радикал инициирует цепочку реакций с озоном и углерода оксидом:



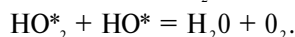
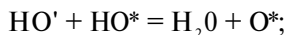
Атом водорода реагирует с молекулярным кислородом с образованием гидропероксильного радикала (HO_2^*):



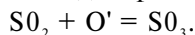
Реакция заканчивается окислением азота оксида гидропероксильным радикалом до азота диоксида:



Реакции, обрывающие цепочку, включают:



Следует отметить, что в описанных реакциях не только окисляется азота оксид до азота диоксида, но и образуется формальдегид за счет реакции гидроксильных радикалов с метаном. Наряду с указанными выше реакциями фотохимического окисления в атмосфере происходят также реакции окисления серы диоксида, поскольку в загрязненном атмосферном воздухе NO_x , углеводороды и серы диоксид содержатся одновременно:



В свою очередь, облучение олефинов и ароматических соединений в присутствии NO_x и серы диоксида приводит к образованию значительного количества аэрозолей, снижающих видимость атмосферы за счет рассеивания и поглощения солнечной радиации.

Атмосферные примеси, поступающие от различных антропогенных источников, и продукты их трансформации могут распространяться на значительные расстояния (табл. 79).

Условно выделяют три масштабные градации распространения примесей в атмосфере: 1) локальный перенос (до 10 км) — характерный для загрязнения

атмосферного воздуха в пригородной зоне; 2) мезомасштабный перенос (до 100 км), характерный для загрязнения атмосферного воздуха в пределах района; 3) дальний перенос (более 100 км), в пределах страны (от источника выброса).

Например, значительная концентрация серы диоксида в выбросах из труб высотой 380 м никелевого завода в Канаде определялась на расстоянии 400 км, а концентрация ^{41}Ag из труб Брукхейвенского реактора в Нью-Йорке — на расстоянии 150 км. Еще дальше распространяются выбросы от источников крупных промышленных центров. Например, был зарегистрирован перенос углерода

ТАБЛИЦА 79
Масштаб эмиссии некоторых веществ в атмосфере

Вещество	Расстояние эмиссии, км	Продолжительность трансформации
Азота оксид	10	1 год
Азота диоксид	100	2 сут
Пероксиацил-нитраты	1000	4 сут
Азотная кислота	1000	4 сут
Серы диоксид	100	2 сут
Серная кислота	1000	5 сут
Метан	В глобальном масштабе	10 лет

оксида от промышленных районов США вблизи Больших Озер до Гренландии. Расстояние, на которое переносятся примеси, в глобальном масштабе небольшие, однако в густонаселенных районах выбросы одних стран наносят ущерб другим странам. В атмосфере нет границ. Так, 80% соединений серы поступает в Швецию из стран Западной Европы. В Скандинавских странах "импорт" вредных промышленных выбросов в виде "кислых" дождей превратил чистые озера в безжизненные водоемы. Германия является одним из приоритетных "экспортеров" атмосферных загрязнений. Установлено, что 3 тыс. т ежегодного промышленного производства ртути из Германии переносится атмосферным воздухом. Для предупреждения дальнего переноса атмосферных примесей в ноябре 1979 г. на совещании в рамках Европейской экономической комиссии (ЕЭК) по охране окружающей среды в Женеве 34 страны подписали Конвенцию о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Конвенция является первым международным документом, направленным на решение проблемы загрязнения воздушного бассейна со ссылкой на принцип 21-й декларации Конференции ООН по проблемам окружающей среды (Стокгольм, 1972), который подтверждает ответственность государств за обеспечение деятельности в рамках их юрисдикции. Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния вступила в действие 16 марта 1983 г. Она ратифицирована 31 участником Совещания и является основой для ограничения, постепенного сокращения и предупреждения загрязнения атмосферного воздуха на большие расстояния. На первом этапе ее осуществления первоочередное внимание обращали на уменьшение загрязнения атмосферного воздуха соединениями серы. В связи с этим в 1985 г. в Хельсинки был подписан Протокол о сокращении до 1993 г. выбросов серы и уменьшении их трансграничных потоков на 30% по сравнению с уровнем в 1980 г., а в 1988 г. — Протокол по ограничению выбросов азота оксидов. Основными направлениями деятельности ЕЭК являются: 1) проведение наблюдений и оценка распространения атмосферных загрязнений на большие расстояния в Европе; 2) изучение влияния основных атмосферных загрязнений на здоровье человека; 3) внедрение новейших технологий, методов пыле- и газоочистки; 4) анализ затрат в области борьбы с выбросами вредных веществ в атмосферный воздух; 5) содействие обмену информацией.

Созданная в 1977 г. сеть круглосуточного выборочного контроля, проводимого в соответствии с программой наблюдений и оценки распространения вредных веществ на большие расстояния в Европе, и ее международные центры (более 90 станций, расположенных вдоль границ стран-участниц, на которых проводят вертикальное зондирование до высоты 3—5 км через интервалы 300—600 м) характеризуют вклад каждой страны в загрязнение воздушного бассейна других стран и региона в целом, являются фундаментом для контроля выполнения международных соглашений по охране окружающей среды и выработки стратегии по уменьшению загрязнения воздушного бассейна в Европейском регионе.

Самоочищение атмосферы. В основе самоочищения атмосферы лежат физические и физико-химические процессы (адгезия, адсорбция, абсорбция, окис-

лительно-восстановительные химические реакции), которые обуславливают седиментацию, вымывание атмосферных примесей. При этом имеют значение агрегатное состояние, растворимость, размер частиц атмосферных примесей. По агрегатному состоянию различают твердые аэрозольные, газо- и парообразные атмосферные загрязнения. Атмосферный воздух с примесями представляет собой аэродисперсную систему, в которой атмосферный воздух является дисперсионной средой, а примеси — дисперсной фазой. Предложено несколько классификаций аэродисперсных систем, среди них — классификации Джибса и О.В. Рязанова. В соответствии с классификацией Джибса, основывающейся на размере примесей, частицы примесей величиной от 10 до 100 мкм составляют собственно пыль, от 0,1 до 10 мкм — облака и туманы и до 0,1 мкм — дымы. Согласно классификации В.О. Рязанова, которой придерживаются в нашей стране, аэродисперсные системы в зависимости от степени дисперсности примесей подразделяют на три группы:

- 1) аэрозоли с величиной частиц 0,001—0,1 мкм (дымы с твердой фазой и туманы с жидкой фазой), которые наиболее активны, способны к молекулярной диффузии, оседают только после коагуляции; для частиц размером 0,01 мкм и менее скорость диффузии превышает скорость оседания в 1000 раз;
- 2) тонкие аэросуспензии с размером частиц 0,1—10 мкм (тонкая пыль), которые оседают согласно закону Стокса;
- 3) грубые аэросуспензии с размером частиц 10—100 мкм (грубая пыль), которые выпадают из воздуха.

Аэрозольные частицы неблагоприятно влияют на здоровье населения, интенсифицируют химические реакции в атмосфере, снижают ее прозрачность, увеличивают вероятность осадков, туманов, облаков, уменьшают поток солнечной радиации, что обуславливает изменение температуры атмосферного воздуха и роста зеленых насаждений. Основную удельный вес составляют частицы размером от 0,1 до 10 мкм. Частицы размером до 0,1 мкм имеют свойства молекул и характеризуются беспорядочным перемещением, вызванным столкновением с молекулами газа. Частицы размером более 1 мкм, но не менее 20 мкм, перемещаются с потоком газовой воздушной смеси. Частицы размером более 20 мкм быстро оседают, в результате чего находятся в воздухе относительно недолго (табл. 80).

Большое значение имеет также распределение частиц по размеру и объему. Данные, приведенные в табл. 81, свидетельствуют о том, что частицы размером от 0 до 1 мкм составляют лишь 3% от массы (или объема). В то же время количество частиц такого размера наибольшее по сравнению с количеством частиц размером более

ТАБЛИЦА 80
Влияние размера частиц
на скорость их оседания

Размер частиц, мкм	Скорость оседания, см/с
0,1	$4 \cdot 10^{-5}$
1	$4 \cdot 10^{-3}$
10	0,3
100	30

1—30 мкм. С точки зрения охраны здоровья, большое значение имеет уменьшение количества частиц малых размеров в воздухе.

Частицы размером менее 1 мкм образуются в атмосферном воздухе в результате конденсации, в то время как крупные части-

ТАБЛИЦА 81

**Распределение частиц по количеству
и объемному проценту как функция
размера для типичной пробы
атмосферного воздуха**

Размеры частиц, мкм	Средний размер, мкм	Относительное количество частиц *	Объемный процент **
10—30	20,0	1	27
5—10	7,50	112	53
3—5	4,00	167	12
0,5—1	0,75	4215	2
0—0,5	0,25	56 900	1

* Количество частиц всех размеров берется относительно частиц со средним размером 20 мкм.

** При неизменном удельном весе частиц объемный процент аналогичен массовому проценту.

цы — за счет измельчения (распыления) разных материалов или сгорания. Среди всех частиц, образующихся во время эксплуатации стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха, почти 85—90% поступают от энергетических установок, особенно тех, которые сжигают битуминозный и лигнитовый уголь. В процессе сгорания могут образовываться частицы размером 0,1—1 мкм за счет испарения материала при нагревании с дальнейшей конденсацией, менее 0,1 мкм — химических реакций в процессе сгорания, 1 мкм и больше (частицы золы) — механических процессов. В состав частиц входят элементарный углерод (в виде сажи или графита), а также углеводороды (в процессе сгорания топлива и кислородсодержащих органических соединений) — продукты фотоокисления летучих органических соединений при участии азота оксидов, олефины с числом атомов углерода более 7, циклоолефины. На аэрозольных частицах сорбируются нитраты и сульфаты, которые образуются вследствие нейтрализации азотной и серной кислот под действием аммиака или карбонатной пыли. Газообразные загрязнения не подпадают под действие силы тяжести, движение же твердых частиц зависит от действия как массы, так и среды — носителя, связанного с перемещением воздушных масс. Действие силы тяжести на рассеивание частиц состоит в том, что осевая линия выброса с переносом загрязнения ветром отклоняется вниз. Осаждение атмосферных примесей приводит к накоплению их в почве, повышению уровня загрязнения источников водоснабжения, ухудшению санитарно-бытовых условий проживания населения. Так, по данным ВОЗ (Женева, 1980 г.), количество ПХБ, выпадающих ежегодно на территории североамериканского континента, достигает 2 тыс. т.

Зеленые насаждения выполняют роль своеобразных "фильтров" атмосферных примесей. Растения очищают воздух от пыли. Под кронами деревьев на поверхности почвы осаждается в 5—10 раз больше пыли, чем на открытой местности. Например, сосновый древостой способен задерживать на 1 га до 36 т пыли. Даже зимой деревья имеют пылезащитное значение. За осенне-зимний период средняя концентрация пыли в воздухе под деревьями снижается до 37%, летом — до 42%. Способность разных видов растений задерживать пыль обусловлена строением их листовых пластинок. Наиболее эффективны в этом отношении кустарники с клейкими шероховатыми листьями. Так, вяз задерживает пыли в 6 раз больше, чем тополь, а 1 га березовых насаждений — 1100—2300 кг за вегетационный период. Установлено, что наилучшую "филт-

рующую способность" имеют вяз периветвистый, клен ясенелистый, сирень обыкновенная. Пыль, оседающая на поверхности растений, содержит большое количество частиц тяжелых металлов. Поэтому деревья и кустарник способствуют снижению загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами, аккумулируя их в своих органах (листьях, корневой системе). Зеленые насаждения также поглощают и нейтрализуют токсичные газы. Фитонциды, выделяемые в окружающую среду растениями, могут осаждать, окислять и нейтрализовать летучие вещества. Фитонциды кустарниковых насаждений, содержащие линалилацетат, снижают концентрацию углерода оксида на 10—30%, серы диоксида — на 50—74%, азота оксидов — на 15—35%. Эффективнее всего поглощают и нейтрализуют газы следующие породы зеленых насаждений: клен ясенелистый, клен остролистный, липа мелколистная, айлант высокий, ель колючая, береза повисшая, граб обыкновенный, явор. Активность зеленых насаждений изменяется в течение года. Начиная с октября лиственные деревья не влияют на содержание атмосферных загрязнений, а хвойные породы деревьев и кустарников в этот период проявляют активность. Таким образом, в составе зеленых насаждений необходимо предусматривать и хвойные породы деревьев и кустарников. Химические вещества, попадающие из атмосферы в ткани растений, локализуются в хлоропластах — органеллах, которые содержат фотосинтетические пигменты растений, т. е. хлорофилл и каротиноиды. Хлоропласты и восстанавливающие кофакторы, образующиеся во время фотохимических реакций фотосинтеза, окисляют и нейтрализуют атмосферные загрязнения. Метаболизаторами углерода оксида, NO_x являются тис ягодный, граб обыкновенный, самшит вечнозеленый, кизил кроваво-красный, клен, а также липа шерстолистная, дуб каменный, рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная, сосна веймутова, ольха черная и серая, желтая акация, бузина. Максимальное количество свинца концентрируют листья конского каштана обыкновенного: 1 кг сухого вещества листьев за сутки задерживает 1—3 мг свинца. Их можно рекомендовать для озеленения примагистральных территорий. Концентрация атмосферных загрязнений снижается по мере увеличения ширины и плотности полосы зеленых насаждений (табл. 82).

Разные вещества вымываются из атмосферы во время выпадания осадков в виде кислотных дождей. Существует точка зрения, что кислотные дожди

ТАБЛИЦА 82
Газозащитные свойства зеленых насаждений бульваров

ирина полосы.	Коэф- фици- ент ажур- ности	Интенсивность автотранс- портных по- токов в обоих направлениях	Коли- чество грузо- виков, %	Средняя скорость автотранс- портных по- токов, км/ч	Тип застройки	Снижение концентрации СО относительно его уровня на проез- жей части, %
10,0	0,5	100	40	40	Смешанная	54
50,0	0,05	2200	50	60	Тоже	74
13,5	0,8	1500	20	40	Перимет- ральная	55
20,0	0,4	400—500	40	60	Тоже	83

не являются порождением индустриализации. Они наблюдались издавна. Вследствие столкновения нашей планеты с кометой в атмосфере образовалось большое количество азота оксидов, выпадавших в виде дождей с высоким содержанием азотной кислоты. В 1661 г., по показаниям очевидцев, в Лондоне был небывалый по силе смог. Житель Лондона Дж. Эвелин так описал ситуацию, наблюдающуюся в городе вследствие загрязнения воздуха и выпадения кислых дождей: "Всюду пагубный дым, который затеняет красоту города, покрывает все налетом копоти, разрушает повозки, оставляет ржавчину на посуде, украшениях, домашней утвари, разъедает даже балки из чистого железа и самый крепкий камень". Термин "кислотные дожди" появился в 1872 г. Его ввел английский инженер Роберт Смит, который изучал химизм осадков в районе Манчестера и результаты исследований опубликовал в монографии "Воздух и дождь: начала химической климатологии". В первые годы развития промышленности обнаруживали изменения химического состава дождей, которые выпадали вблизи промышленных центров. В 1911 г. было сообщение о выпадении дождей с кислой реакцией в районе Лидса (Великобритания). В середине 50-х годов XX в. определили очаг закисления осадков в северо-восточной и юго-западной части США. В наше время половина территории США подвергается воздействию кислотных осадков с pH 4,1 и менее. Так, ученые Института исследований экосистемы и Йельского университета обнаружили, что в осадках, которые выпадают на территории от штата Аляска до острова Пуэрто-Рико содержится в 3—7 раз больше кислоты, чем в обычной дождевой воде, а на вершине горы Мохонк содержание кислоты больше, чем в уксусе. Туманы, изморозь и дожди в горных районах штата Нью-Йорк в 90% случаев имеют pH в пределах 2,66—4,66. Наибольшая кислотность туманов зафиксирована в Лос-Анджелесе (pH 1,7—4,0). Острая ситуация сложилась в Европе, особенно в Скандинавских странах. Здесь pH осадков составляет 4,1—4,3. В Японии снижение pH осадков наблюдается с начала 60-х годов. В 1973 г. в префектурах Сидзуока и Яманаси дождь был причиной появления у местных жителей рези в глазах, першения в горле, кашля. Пострадали 30 тыс. человек. Динамика изменения pH осадков начиная с 1960 г. до нашего времени свидетельствует об увеличении содержания ионов водорода в дождевой воде в 100 раз. Одновременно с закислением осадков было установлено закисление воды озер, рек. Впервые это явление в широких масштабах обнаружено в Швеции и Норвегии, а затем — в США и Канаде. Закисление природных водоемов кислотными атмосферными осадками вызывает значительные изменения в экосистемах этих водоемов. Уменьшается количество разновидностей организмов, нарушаются трофические цепочки. Доказано, что pH 5,6 является предельным значением. Снижение его может привести к необратимым биологическим последствиям для водных экосистем. Уже на ранних стадиях закисления водоемов нарушаются микробиологические процессы, а в водоемах с pH 5,0 угнетаются бактериальная активность и специфические биохимические процессы, уменьшаются количество и видовое разнообразие водорослей, зоопланктона, моллюсков, рыбы, раков, слизняков и лягушек. Репродуктивность рыбы прекращается при pH водной среды менее 4,5. В Канаде в результате выпадения частых кислотных

дождей стали экологически мертвыми почти 4000 озер, а 12 тыс. озер находятся на грани гибели. В Швеции закислены 20 тыс. озер, из них в 18 тыс. озер нарушено биологическое равновесие. В Норвегии почти половина озер экологически мертвы. В Шотландии в большинстве подкисленных малых рек сократилось количество видов бесхребетных, бентоса, а также ацидофильных водорослей и водяного мха. При pH 3 почвы практически не плодоносят. Закисление почвы снижает скорость распада органических веществ, круговорота в системе почва — растение, а также продуктивность азотфиксирующих бактерий. Это приводит к ограничению поступления связанного азота в организм растений, угнетению процессов синтеза в корнях и надземной зеленой массе, нарушению углеводно-белкового обмена и замедлению их роста. Возрастает поглощение растениями Mn, Co, Zn, Fe, K, Mg и снижается поглощение Ca, Mo, что существенно задерживает рост корневой системы. Снижение pH почвенного раствора приводит к освобождению из почвенного комплекса растворимой формы Al, который угнетает клеточное деление в корнях, блокирует ферменты, разлагающие полисахариды, уменьшает клеточное дыхание, нарушает поглощение, транспорт Ca, Mg, P и воды. При избытке SO_4^{2-} в почве возникает дефицит доступного Ca из-за связывания его в труднорастворимую соль $CaSO_4$. Вместе с тем изменяется физическая структура почвы. Она уплотняется, воздухопроницаемость ее снижается, что отрицательно влияет на жизнедеятельность растений. В 1985 г. на Международной конференции в Осло, посвященной охране окружающей среды, было отмечено, что в будущем окисление почвы может привести к возникновению более сложной проблеме, чем непосредственное действие кислотных дождей на растительность. Кислотные дожди наносят большой вред и лесам. В некоторых районах Швейцарии погибла треть елей. В горно-лесных районах Баварии, Шварцвальда, Бадена пострадала почти половина лесных угодий. В последние десятилетия скорость роста многих вечнозеленых растений замедлилась в среднем на 20—30%. В Баден-Вюртемберге в результате загрязнения атмосферного воздуха пострадали 100% елей и 70% сосен. Леса теряют водоохранное и рекреационное значение. Установлено, что серы диоксид оказывает фитотоксическое действие: приводит к некрозу и хлорозу листьев растений, изменению клеточной проницаемости и ионного баланса, потере несвязанной воды, снижению pH и буферной емкости цитоплазмы, преждевременному опаданию, уменьшению массы сухого вещества, общей площади и количества листьев, снижению прироста древесины, изменению соотношения корня/листья. Выброс больших объемов серы диоксида в атмосферу может привести к уничтожению растительности вблизи источника выброса. Так, в 30 км от завода черной металлургии в Садбери (штат Онтарио, США), где выбрасывается круглосуточно 6 тыс. т серы диоксида, отсутствует растительность. За этой "мертвой зоной" исчезли мхи, лишайники, хвойные породы деревьев. Лишайники гибнут от воздействия серной кислоты, которая образуется в результате преобразования серы диоксида при ее концентрации в атмосфере 28,6—76,8 мкг/м³, хвойные деревья — при концентрации 200—2288 мкг/м³. В Англии и Уэльсе, где средняя концентрация серы диоксида зимой превышала 71,4 мкг/м³, практически исчезли почти 100 видов лишайников. В США из-за

постоянного действия фитотоксических газов усыхание соснового древостоя в национальном лесу Сан-Бернардино увеличилось на 10%. Поражение растений кислотными дождями происходит вследствие нарушения метаболизма клеток, блокирования активности ферментов, катализирующих синтез жирных кислот или ацетилкоензимакарбоксилазы, галактолипидов мембран хлоропластов. Кислотные дожди разрушают строения и памятники архитектуры. В Лондоне пострадали Вестминстерское аббатство, крепость Тауэр. В Голландии на соборе св. Иоанна статуи, по словам жителей, "тают, словно леденцы". В Риме разрушаются рельефные изображения на колонне Трояна. Знаменитый Акрополь в Греции за последние несколько десятилетий пострадал от загрязнений больше, чем за весь период существования.

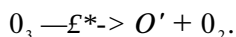
В чем же состоит механизм образования кислотных дождей? Процесс вымывания примесей из атмосферы разделяют на две стадии. В первой стадии вещество, которое вымывается или принимает участие в образовании капли облака и является ядром конденсации, или захватывается каплями облаков на этапе их развития, когда они еще не превратились в падающие дождевые капли. Эта стадия определяется как *внутриоблачное вымывание*. Во второй стадии вещество захватывает капля падающего дождя на всем пути полета до контакта с подстилающей поверхностью. Это стадия *подоблачного вымывания*. Существуют пять механизмов вовлечения молекул газа или частиц в каплю: 1) диффузофорез; 2) броуновская диффузия; 3) соударение и захватывание; 4) растворение газа; 5) образование капель на ядрах конденсации.

Во время диффузофореза аэрозольные частицы движутся в направлении среднего потока молекул в воздухе. Явление диффузофореза характерно лишь для частиц диаметром менее 0,1 мкм. Общий вклад такого механизма в вымывание частиц дождевыми каплями незначителен. Случайное перемещение мелких частиц, вызванное столкновением с молекулами газа, также может способствовать переносу частицы к поверхности капли. Скорость броуновской диффузии определяется преимущественно размером частиц, и ее влияние становится ощутимым для частиц диаметром менее 0,1 мкм. В отличие от диффузии частиц, диффузия молекул газа является главным механизмом их перемещения к поверхности капли. Механизм инерционного соударения и захватывания характерен лишь для подоблачного вымывания. Молекулы газа благодаря своей легкости обходят падающую каплю, в то время как частицы со значительно большей массой оказывают сопротивление изменениям движения. Чем массивнее частица, тем в меньшей степени она претерпевает такие изменения. Инерционное соударение присуще относительно крупным частицам. При контакте частицы с поверхностью капли происходит ее захватывание, а сульфаты и нитраты переходят в жидкую фазу. Эффективность вымывания путем инерционного соударения и захватывания зависит от скорости падающей капли, а также от массы и размера частиц, которые вымываются. Этот механизм характерен для вымывания частиц диаметром более 1 мкм. Серы диоксид, азота диоксид хорошо растворимы в воде. Растворение газов подчиняется закону Генри, т. е. длится до тех пор, пока не настанет равновесие между жидкой и газовой фазами. Для капель диаметром 100 мкм равновесие между газовой

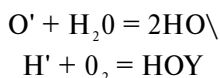
и жидкой фазы для серы диоксида устанавливается в течение нескольких секунд. В жидкой фазе серы диоксид быстро окисляется. Кроме того, аммиак, находящийся в воздухе, также растворяется в капле и вступает в химическую реакцию с кислотой, что приводит к нарушению равновесия в системе газ — жидкость и накоплению серы за счет растворения и окисления серы диоксида. Такие же процессы происходят при растворении оксидов азота и азотной кислоты. Основная часть серы и азота в аэрозольной форме представлена такими соединениями, как NH_4HSO_4 и NH_4NO_3 . Благодаря гигроскопической природе частицы соединений серы и азота являются высокоэффективными ядрами конденсации облаков. Этот механизм вымывания соединений серы и азота может иметь очень большое значение. У источников выброса, где сера и азот преимущественно имеют вид газообразных оксидов, а не частиц, механизм растворения газов может быть ведущим. На больших расстояниях вымывание за счет ядер конденсации облаков достигает 80%.

Атмосферу можно рассматривать как окислительную систему с высоким содержанием основного окислителя — кислорода. Соединения, содержащие атомы С, Н, S и N природного и антропогенного происхождения, попадая в атмосферу, превращаются в соединения, которые участвуют в процессах образования кислот с выделением их с атмосферными осадками. В этих процессах, кроме кислорода, принимают участие озон, гидроксильный радикал $\text{HO}^\bullet$, гидропероксидный радикал $\text{HO}_2^\bullet$, органические пероксидные радикалы ($\text{ROO}^\bullet$) пероксиацетилнитрат (ПАН), пероксид водорода (H_2O_2).

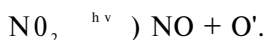
Наиболее реакционноспособным является гидроксильный радикал $\text{HO}^\bullet$, принимающий участие в окислении азота и серы оксидов в азотную и серную кислоты. Следующими по активности являются озон и ПАН. При фотовозбуждении озона светом происходит реакция с образованием атомарного и молекулярного кислорода:



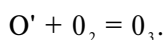
Примерно 1% атомарного кислорода реагирует с паром воды, образуя гидроксильный радикал вступает в реакцию, а водород — с молекулярным кислородом с образованием гидропероксидного радикала:



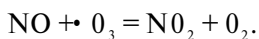
При фотовозбуждении азота диоксида светом происходит реакция с образованием азота оксида и атомарного кислорода:



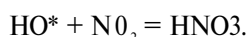
Атомарный кислород взаимодействует с молекулярным кислородом с образованием озона:



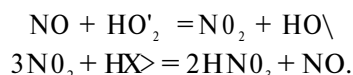
Азота оксид вступает в реакцию с озоном с образованием азота диоксида и молекулярного кислорода:



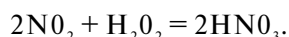
В дневные часы гидроксильный радикал $\text{HO}^\bullet$ вступает в реакцию с азота диоксидом с образованием азотной кислоты:



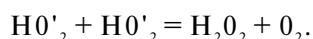
Азота диоксид образуется также при взаимодействии азота оксида с гидропероксидным радикалом с дальнейшим выпадением в виде азотной кислоты:



Во время протекания гетерогенных реакций азота диоксид, достаточно легко растворимый в воде или каплях водных пленок, может окисляться:



Пероксид водорода образуется при реакции:



Кроме газофазных реакций, достаточно эффективным механизмом выведения серы диоксида из атмосферы являются гетерогенные реакции, которые происходят на поверхности аэрозольных частиц. На поверхности частиц летучей золы и сажи адсорбируются молекулы серы диоксида и радикалы окислительных агентов. При достаточно высокой относительной влажности поверхность частиц покрывается слоем молекул воды. Образованная в результате окисления серы диоксида серная кислота со временем частично или полностью нейтрализуется аммиаком. Реакция нейтрализации происходит обычно в жидкой фазе или на поверхности полужидких частиц. Кроме указанных выше кислот, могут образовываться органические кислоты.

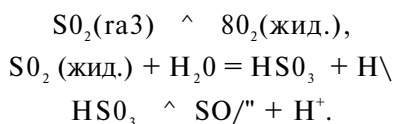
Формирование кислотного дождя зависит от скорости поглощения примесей аэрозольными частицами, обусловленной их размерами и химической природой. Важную роль в этом процессе играют средние $[(0,2-2,0) \cdot 10^{-3} \text{ мм}]$ аэрозольные частицы, состоящие преимущественно из сульфатов и нитратов. Крупные частицы, которые переносятся массами воздуха, представляют собой мелкодисперсную сажу, копоть и продукты неполного сгорания топлива. Поведение аэрозолей в воздушном потоке определяется коэффициентом диффузии и скоростью осаждения (табл. 83).

Частицы аэрозоля диаметром менее $0,1 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ присоединяются к каплям жидкости вследствие броуновского движения, а частицы размером $1 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ благодаря инерционному механическому взаимодействию. Поскольку аэрозольные частицы гигроскопичны, пар воды быстро конденсируется в виде пленки на их поверхности. Сера и азота диоксиды поглощаются каплями влаги. Именно в этой стадии начинается сложный комплекс жидкофазных реакций.

Кислотность и состав дождей в разных регионах мира,
хмкг-экв/дм³

Кислотность (катионы)	Катерин (Австралия)	Покер Флет (Аляска)	Остров Амстер- дам (Индийский океан)	Кейп Пойнт (ЮАР)	Северо-восточ- ные штаты (С А)
рН	4,72	4,95	5,08	5,24	4,2—4,6
H ⁺	19,1	11,3	8,4	5,8	25—50
Ca ²⁺	2,1	1,4	11,4	19,9	4—8
Mg ²⁺	1,7	0,5	56,4	66,3	2—3
K ⁺	1,2	0,5	5,6	7,5	0,4—0,8
Na ⁺	4,9	0,9	253	286	2—8
NH ₄ ⁺	3,4	2,7	2,4	8,2	8—16
NO ₃ ⁻	4,5	2,4	1,6	3,9	15—30
SO ₄ ²⁻	8,5	3,0	298	340	4—8
SO ₃ ⁻	4,2	9,1	35,1	36,6	35—65
HCOO ⁻	11,0	4,3	2,8	2,2	—
CH ₃ COO ⁻	4,6	1,2	Ы	0,5	—

Серы диоксид хорошо растворяется в воде [% (мас.)]: 13,34 (10 °С), 9,61 (20 °С), 5,25 (40 °С). При переходе из газовой фазы в жидкую серы диоксид может существовать в растворимой форме, а также взаимодействовать с водой с образованием бисульфит- и сульфит-ионов:



В кислотных дождях и туманах сера присутствует в виде как четырехвалентных, так и шестивалентных соединений. Растворимость серы диоксида зависит от рН водяных капель и наличия органических комплексобразующих агентов (например, формальдегида), которые снижают скорость жидкофазного окисления S⁴⁺ и S⁶⁺. Соединения шестивалентной серы (преимущественно сульфат-анион) образуются при окислении четырехвалентных соединений. Летом почти 55—70% растворимой серы диоксида переходит в сульфат-анион в результате окислительных реакций. Зимой с осадками выпадает 30—35% сульфатов.

В табл. 84 приведены данные о составе дождей в период роста растений для разных регионов мира.

Влияние качества атмосферного воздуха на здоровье населения

Состояние здоровья населения является одним из главных критериев качества окружающей среды. В структуре общей заболеваемости населения все больший удельный вес занимают болезни, являющиеся следствием техногенного загрязнения окружающей среды, в частности атмосферного воздуха. Такая тенденция в последнее время наблюдается не только в промышленных регио-

нах, но и сельских районах. Атмосферные загрязнения могут оказывать острое и хроническое специфическое и неспецифическое действие на организм человека. На рубеже XX—XXI в. при существующем состоянии атмосферы изменилась заболеваемость по классам заболеваний и отдельным нозологическим формам.

Увеличилось количество больных с гипертонической болезнью, злокачественными новообразованиями, патологией органов дыхания. Чаще стали регистрировать экссудативный диатез, аллергический дерматит, острые респираторные заболевания с астматическим компонентом, отек Квинке, бронхиальную астму. У детей, проживающих в промышленных районах с загрязненным атмосферным воздухом, индекс здоровья (число неболевших детей в пересчете на каждый год жизни на 100 обследованных) в 2—3 раза ниже, чем у детей контрольного района. У них изменен иммунный статус: снижены содержание иммуноглобулина А в слюне, активность лизоцима и титр гетерофильных антител, индекс бактерицидности сыворотки крови, титр гетерофильных антител. В мазках и отпечатках со слизистых оболочек воздухоносных путей ротовой полости выявлено высокое содержание полиморфноядерных лейкоцитов. В цитологических препаратах обнаружено повышенное содержание клеток с признаками деструкции, ослабление их тинкториальных свойств, снижение прочности межклеточных соединений. В буккальном эпителии определяется цитотоксический эффект. О дезорганизации белков соединительной ткани свидетельствует наличие в моче метаболитов коллагена. Кроме того, у детей содержание свинца в моче составляет 0,041—0,07 мг/кг, что превышает верхнюю границу нормы (0,022 мг/кг), в назальном секрете — 0,32—0,45 мг/л (в норме 0,20 мг/л). Частота поражения эндокринной системы составляет в среднем 23,2—25,7 случая на 100 обследованных. Патологию органов пищеварения, дискинезию желчевыводящих путей, вегетоневрозы, аллергические болезни и поражение системы кровообращения наблюдают в 1,2—1,3 раза, заболевания нервной системы и органов чувств — в 1,4—1,7, врожденные аномалии — в 1,5 раза чаще, чем у детей, проживающих в районах с чистым атмосферным воздухом. Загрязненный атмосферный воздух влияет также и на фетоплацентарную систему, которая особенно чувствительна к нарушениям гомеостаза. Установлено достоверное уменьшение массы плаценты, оболочек и пуповины. Деструктивно-дистрофические процессы проявляются увеличением количества бессосудистых, склерозированных, фибриноидных ворсин, появлением их незрелых форм. Уменьшаются объемные частицы хориального эпителия, сосудистого русла ворсин и межворсинчатого пространства, то есть структур, обеспечивающих обменные процессы в системе мать — плод. Изменение процессов метаболизма в околоплодных водах проявляется повышением содержания протеинов, креатинов и щелочной фосфатазы, что обуславливает увеличение проницаемости клеточных и субклеточных мембран плода и плаценты. Содержание РНК и ДНК в плаценте снижается на 24%.

Изменение фетоплацентарной системы на организменном, органном, клеточно-тканевом и субклеточном уровнях вследствие влияния атмосферных примесей является основанием для выявления групп риска детской патологии

и проведения целенаправленных мероприятий по профилактике легочных заболеваний. Неблагоприятное влияние вредных веществ на систему мать — плацента — плод в дальнейшем приводит к возникновению патологии органов дыхания у ребенка. Прослежена корреляция между загрязнением атмосферного воздуха и ростом заболеваний генетической природы. Ряд химических веществ вызывает мутагенное действие, которое проявляется в повышении частоты хромосомных aberrаций в соматических и половых клетках и приводит к появлению новообразований, спонтанных аборт, перинатальной гибели плода, аномалий развития и к бесплодию. В районах с загрязненным атмосферным воздухом беременность и роды чаще протекают с осложнениями. Дети рождаются с низкой массой тела, а также с функциональными отклонениями со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В странах с развитым здравоохранением в больницах общего профиля дети с наследственной патологией составляют 15—20%. Среди умерших в возрасте до 1 года 30% составляют пациенты с врожденными аномалиями. По генетическим причинам не вынашивается за год 25% беременностей, появляется на свет 250 тыс. детей с генетическими дефектами, в том числе 100 тыс. с тяжелой наследственной инвалидностью. В 80-е годы XX в. в Гамбурге были зарегистрированы случаи рождения детей от матерей, которые проживали вблизи фабрики концерна "Берингер", производившей диоксин, с врожденной патологией. Широкомасштабное производство и применение полихлорфенолов привело к массовому заболеванию хлоракне, которое получило широкое распространение в 40—50-х годах. Хлоракне является следствием производства во многих странах 2,4,5-трихлорфенола (ТХФ), 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4,5-Т), антибактериального препарата гексахлорфена (ГХФ) и др. Причина заболевания была установлена в 1956—1957 гг. Р. Dugois и соавторами. Хлоракне вызывает 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-п-диоксин (2,3,7,8-ТХДД), который образуется в виде микропримеси в процессе промышленного получения 2,4,5-ТХФ. Поступая с последним в продукцию (гербициды, антибактериальные препараты и т. п.) и отходы, 2,3,7,8-ТХДД вызывал не только хлоракне, но и острое, под острое и хроническое отравление. Особенно опасными для человека являются тетра-, пента-, гекса-, гепта- и октазамещенные диоксины, которые содержат атомы галогенов в латеральных положениях 2,3,7,8. Так, в 1960—1969 гг. над некоторыми районами Вьетнама распыляли в качестве дефолианта смесь 2,4-дихлорфеноксиуксусной и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислот, загрязненных ТХДД (от 0,5 до 47 мг/кг смеси). Площадь распыления достигла 1,3 млн акров земли. В начале 70-х годов XX в. исследовали влияние этого гербицида на состояние здоровья населения и обнаружили увеличение количества случаев рождения детей с врожденными дефектами развития, спонтанных аборт, бесплодия, появления опухолей печени. При воздействии на организм человека диоксинов развиваются различные симптомы. Среди кожных проявлений — хлоракне, являющееся маркером их действия. К системным эффектам относятся: фиброз печени, повышенное содержание трансаминазы в крови, гиперхолестеринемия, гипертриглицеридемия, расстройство пищеварения, мышечная боль, боль в суставах, слабость в нижних конечностях, опухание лимфатичес-

ких узлов, поражение сердечно-сосудистой и дыхательной систем, мочевыводящих путей и поджелудочной железы. Во второй половине 70-х годов опасность распространения диоксинов как суперэкотоксикантов достигла общепланетарных масштабов. В 1977 г. диоксины были обнаружены в выбросах мусоросжигательных заводов (Нидерланды), в 1980 г. — в выхлопных газах автомобилей и почве (с периодом полураспада 10 лет), в 1984 г. — в грудном молоке, в 1985 г. — в выбросах целлюлозно-бумажной промышленности (Швеция, США). Попадая в организм человека с атмосферным воздухом, они кумулируются и продолжительное время находятся в жировой ткани (период полураспада составляет 5—7 лет), откуда медленно мигрируют в печень, кровеносные органы, вилочковую железу, нарушая их функцию. При накоплении диоксинов в атмосферном воздухе резко возрастает чувствительность организма человека к любому антропогенному действию факторов окружающей среды. Кроме того, полихлордibenзопарадиоксины и полихлордibenзофураны являются синергистами и активаторами значительного количества ксенобиотиков как природных, так и синтетических, в том числе и тяжелых металлов. В 1985 г. принята программа ВОЗ "Диоксин в грудном молоке женщин", которая направлена на предупреждение вредного воздействия этих веществ на репродуктивную функцию женщин. Другие персистентные галогенизированные соединения, в частности полихлорированные бифенилы (торговые названия в США — ароклары, пироклары, пиранолы, в Японии — канеклары, сантотермы, в Украине — соволы, совтолы, в Чехии — делоры, делораны), легко всасываются при ингаляционном поступлении в организм. Обладая выраженной липофильностью, они проявляют сродство с богатой липидами паренхимой печени, тканями головного мозга, почек, легких. Наличие высокого числа атомов хлора в бифенильном ядре ПХБ делает их молекулу труднодоступной для действия различных ферментных систем клеток. Во время прохождения через организм лишь небольшая часть ПХБ подлежит обменной трансформации. Очень важное значение имеют данные о выведении ПХБ из организма. Установлено, что ПХБ проникают через плаценту и выделяются с грудным молоком. Так, в грудном молоке женщин, которые живут на побережье бухты Гудзон в Северном и Южном Квебеке, содержание ПХБ находится в пределах 16—514 мкг/л. В плаценте рожениц, которые проживают в районах размещения предприятий, выбрасывающих ПХБ, их содержание составляет 0,01—0,025 мкг/г, а в крови жителей, никогда непосредственно не контактировавших с этими веществами, достигает 145 мкг/л. Приведенные данные свидетельствуют о чрезвычайно опасном явлении — отравлении младенцев грудным молоком. Эксперты ВОЗ считают, что содержание ПХБ в материнском молоке во многих странах мира уже достигло опасных пределов. Описано массовое отравление ПХБ 800 женщин репродуктивного возраста на Тайване за период 1979—1986 гг. Они родили детей с трансплацентарным отравлением, которое проявилось фетальным синдромом, нарушением функции печени, расширением переднего родничка. Смертность среди этих детей достигла 20,5%. Такие последствия имели место и во время следующих беременностей. Интоксикация, вызванная ПХБ, получила название болезни "ю-ченг", а в Японии — "юшо". Основными клиничес-

кими симптомами отравления ПХБ являются коричневая пигментация ногтей, кожи, слизистых оболочек глаз, десен, губ; акнеморфная сыпь; гиперсекреция мейбомиевых желез; гиперкератоз; гиперплазия и дисплазия слизистой оболочки желудка; гипертрофия печени; дегенерация гепатоцитов; развитие рака печени и мочевого пузыря; экссудативный перикардит. Снижается масса тела, появляется отечность лица, нарушается развитие зубов; наблюдаются кальцификация черепа и нижней челюсти, умственная отсталость, иммунодефицит, изменение метаболизма лекарственных препаратов. Прямым следствием ухудшения экологического состояния является появление таких заболеваний, как "итай-итай" и "минамата". Заболевание "итай-итай", или "ох-ох", впервые обнаружено в 1950 г. в префектуре Тояма (Япония), а затем в 1969 г. в районах Фукоко, было вызвано влиянием атмосферного воздуха, загрязненного выбросами рудникового комплекса, содержащими кадмий. Кадмий легко сорбируется легкими, депонируется в печени и почках.

Первыми симптомами заболевания являются боль в области поясницы и миалгия нижних конечностей. Затем деформируется скелет, резко уменьшается масса тела, наблюдаются протеинурия и глаукома. Повышается содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови и снижается содержание неорганического фосфора. Наблюдаются многочисленные костные переломы даже при незначительных нагрузках, например при кашле. Развиваются трахеит, бронхит, бронхиолит с приступами болезненного, судорожного кашля с мокротой, сопровождающиеся резкой слабостью, головной болью. В некоторых случаях возникают пневмония и отек легких, нарушается обмен кальция, появляется протеинурия. Характерны поражение печени и почек, пневмосклероз, неврас-тенический синдром. Период полувыведения кадмия из организма составляет от 10 до 20 лет.

Заболевание "минамата" впервые было выявлено в 1956 г. в западных районах Южной Японии, на побережье залива Минамата, как следствие поражения населения неорганическими соединениями ртути, которые содержались в промышленных отходах. Основным в патогенезе смертельного отравления соединениями ртути является ее нефротоксическое действие, в результате которого развивается почечная недостаточность. Выявлена способность ртути проникать через плацентарный барьер и накапливаться в волосах младенцев. Концентрация ртути в волосах матерей и младенцев и в материнском молоке в городах составляет 5,6; 6,67 и 0,55 мг/кг соответственно. При вспышке отравления метилртутью в Ираке была установлена связь между содержанием этого соединения в организме матери и наличием дефектов развития у детей. Доказано, что при содержании метилртути в волосах матерей в пределах 165—320 мг/кг у грудных детей наблюдается задержка психомоторной активности. В префектуре Ниигата (Япония) у 26 из 400 грудных детей были выявлены увечья и врожденные органические заболевания центральной нервной системы. Метилртуть относится к так называемым тиоловым ядам, которые блокируют сульфгидрильные группы белковых соединений и нарушают белковый обмен и ферментативную деятельность организма. Клиническими проявлениями отравления соединениями ртути являются парез, паралич, нарушение остроты зрения, слу-

ха, речи, потеря чувствительности, слабоумие, судороги с переходом в кому. "Минамату" называют болезнью "смерти, которая улыбается", так как на лице умершего как бы застывает странная улыбка.

В современных городах наблюдаются случаи свинцовой интоксикации. Типичные симптомы хронического отравления свинцом — сатурнизма (от лат. *saturnus* — свинец) — впервые описал греческий врач и поэт Никандр Колофонский около 150 г. до н. э. Сначала появляется усталость. Затем развивается малокровие, кишечная колика, темная "свинцовая" полоса на деснах, становится бледной кожа. Но в то время еще не знали о скрытой, с медленным течением, форме отравления свинцом при многолетнем поступлении малых концентраций металла в организм. Даже если в организм человека ежесуточно поступает 1 мг свинца, через некоторое время появляется боль в сердце. У беременных наблюдаются преждевременные роды, гибель плода.

Свинец является протоплазматическим ядом широкого спектра действия. И особенно он становится опасным, когда попадает в организм с атмосферным воздухом, поскольку при этом, во-первых, 60% его сорбируется и, во-вторых, он хуже выводится, чем при других путях поступления. Проникая из легких в кровеносную систему, свинец в виде высокодисперсного коллоидального фосфата и альбумината свинца уже через несколько минут попадает в плазму крови, где быстро связывается с эритроцитами. В эритроцитах свинца содержится в 16 раз больше, чем в плазме крови. Поэтому одним из ведущих синдромов свинцовой интоксикации является гематологический (снижение уровня гемоглобина, появление эритроцитов с базофильной зернистостью). В условиях промышленно развитого города содержание свинца в крови взрослого человека составляет в среднем 15 мкг на 100 мл. Во время обследования 300 детей в возрасте 4—6 лет в Гааге и Роттердаме обнаружили, что у 20% содержание свинца в крови составляло 20 мкг/100 мл, у 6% — 25 мкг/100 мл, у 3% — до 40 мкг/100 мл. Повышение концентрации свинца в организме ребенка по сравнению с таковой у взрослого объясняется высокой интенсивностью процессов обмена у детей, усиленной вентиляцией легких. Результаты обследования 109 жителей (мужчин и женщин) Алма-Аты и области, которые не имели производственного контакта со свинцом, свидетельствуют о наличии в 100 мл крови 31,9 мкг свинца. Установлено, что при повышении уровня свинца в крови более 2 мкмоль/л увеличивается содержание тироксина, снижается концентрация лютеинизирующего, фолликулостимулирующего гормонов, кортизола. В концентрации более 50 мкг в 100 мл он влияет на мембраны эритроцитов, вызывая агрегацию низкомолекулярных белков с образованием высокомолекулярных комплексов и фрагментацию крупных белков. Наличие свинца в крови может обусловить такие аномалии, как кровотечение в первый триместр беременности, преждевременные роды, нарушение дыхания в неонатальный период. Кроме того, свинец снижает активность альвеолярных макрофагов легких, вызывает увеличение содержания промежуточных и конечных продуктов перекисного окисления липидов, что способствует развитию патологии тканей легких. Подтверждена гипотеза, согласно которой основным механизмом токсического действия свинца является его влияние на внутриклеточные про-

Содержание свинца в волосах жителей техногенных геохимических зон, мкг/г

Источник загрязнения	Ландшафт	Дети	Взрослые
Фоновые территории	Равнинный Горный Долинный	4,42	2,72
Машиностроительные предприятия (0,5—1 км)	Равнинный	4,57	
Автотранспорт	Межгорная ложбина Долинный Горный	6,70 9,40 5,60	8,80 4,90
Машиностроительные предприятия и автотранспорт	Межгорная ложбина	8,40	

цессы, опосредованные кальцием. В костной ткани человека накапливается почти 95% от общего содержания свинца в организме. Содержание свинца у лиц, профессионально не связанных со свинцом, составляет 6 мкг/г минерального вещества костной ткани, увеличиваясь с возрастом на 0,46 мкг/г в год. Чувствительным маркером накопления свинца в организме является его содержание в тканях зубов. В молочных зубах содержится 3,96 мкг/г свинца, в постоянных — 13,09 мкг/г. Исследования, проведенные в Бостоне (США), свидетельствуют о том, что у детей с повышенным содержанием свинца в молочных зубах коэффициент интеллекта в среднем на 4,5 балла ниже, чем у их ровесников с меньшим содержанием свинца. При сравнении данных о содержании свинца в костях аборигенов Перу, живших 1600 лет назад, с таковым у современных англичан и американцев выяснилось, в что в скелете человека XX в. содержится свинца в 700—1200 раз больше, чем у коренного жителя Южной Америки. Свинец накапливается также в волосах (табл. 85).

Следовательно, в городах с развитым машиностроением содержание свинца в волосах детей, проживающих на расстоянии 0,5—1,0 км от предприятий, варьирует от 4,57 до 9,40 мкг/г (в моче — 17,3 мкг/г). Наиболее неблагоприятная ситуация наблюдается в городах с горно-долинным ландшафтом, где загрязненные массы воздуха практически не выносятся и вследствие этого формируются интенсивные геохимические аномалии на значительной территории. За допустимый уровень свинца в волосах детей принята величина 8 мкг/г, в крови — 12 мкг/100 мл. При концентрации свинца в волосах детей 24 мкг/г повышается частота поражения нервной системы, а при его содержании 30 мкг/г происходят специфические изменения в костях. Свинец оказывает токсическое действие на центральную и периферическую нервную систему, вызывая энцефало-, полиневропатию. Выявлена также корреляция между ишемической болезнью сердца, гипертензией и высоким уровнем свинца в аорте и почках. Последствием влияния атмосферного воздуха, загрязненного свинцом, является накопление его в грудном молоке до 126,6 мкг/л (по данным ВОЗ, этот показатель не должен превышать 2—5 мкг/л) и в плаценте с появлением мальформаций, задержки психомоторного развития.

Большое значение в нарушении здоровья населения имеют канцерогенные соединения выбросов предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Жители таких районов болеют в 1,6—1,8 раза чаще, чем жители экологически чистых районов. При этом в радиусе проживания до 3 км от предприятий нефтехимии заболеваемость выше в 2,6 раза, от 3 до 6 км — в 2,3 раза, от 6 до 10 км — в 1,4 раза по сравнению с жителями других районов. Особенно часто регистрируют заболевания органов дыхания, пищеварения, центральной нервной системы. При углубленном клиническом обследовании 83—90% взрослого населения предъявляют жалобы на невротические расстройства и боль в области сердца. При объективном исследовании у каждого третьего жителя диагностируют вегетососудистую дистонию, а у каждого четвертого — повышенное систолическое давление. Электрокардиографические исследования свидетельствуют о том, что у 42—51 % жителей этих мест нарушены процессы реполяризации и внутрижелудочковой проводимости. Лимфоцитоз, ретикулоцитоз, моноцитоз регистрируют у 46,3—53,4% обследованного населения как следствие раздражающего действия канцерогенов и напряжения компенсаторных механизмов. Изменение иммунного статуса у 52,1—67,6% жителей проявляется снижением природной резистентности организма с формированием на этом фоне аутоиммунных аллергических и иммунокомплексных нарушений. Установлено, что резко выраженная реакция организма наблюдается даже на расстоянии до 20 км от места расположения таких производств.

В легких горожан, не имеющих производственного контакта с асбестом, выявлены волокна асбеста и патологические изменения, вызванные воздействием асбеста, а именно: кальцификация, мезотелиома плевры. При длительном вдыхании бензола (максимальная концентрация его в атмосферном воздухе промышленно развитых населенных пунктов составляет 100—150 мкг/м³) появляется головная боль, может наблюдаться потеря сознания, поражаются костный мозг, печень, почки, система крови. Установлено, что средние концентрации бензола, оказывающие отрицательное действие на организм, составляют: в сельской местности — 1—2 мкг/м³, в промышленных районах — 5—20 мкг/м³, вблизи источников выбросов — 10—30 мкг/м³.

При концентрации бензола в атмосферном воздухе города 0,05 мг/м³ в организм человека поступает почти 0,6 мг бензола в сутки. По данным Агентства по охране окружающей среды США, влияние бензола в течение жизни при содержании его в атмосферном воздухе 1 мкг/м³ приводит к возникновению 2,8 случаев лейкемии на 1 млн населения. По данным ВОЗ, количество таких случаев составляет 4, а по данным немецкого Центра по исследованию рака, — 9 на 1 млн населения. В развитии такой патологии большое значение имеет способность бензола к кумуляции. У хронически экспонированных бензолом лиц выделение его из организма задерживается до 150 ч. Главной предпосылкой токсического воздействия бензола является его биотрансформация в активные метаболиты (гидрохинон, катехол, бензотриол), которые нарушают процессы образования клеток и функционирования кроветворной и иммунной систем. Характерный для больших промышленных городов мира смог отрицатель-

ТАБЛИЦА 86
Влияние озона на состояние
здоровья людей

Концентрация озона, мкг/м ³	Эффект
4—100	Ощущение запаха, возрастающее с увеличением концентрации озона
Выше 200	Раздражение глаз
200—500	Учащение дыхания
240	Снижение силы мышц
1000	Сухой кашель, неприятные ощущения в груди
1200—1600	Жалобы на боль за грудиной
1800	Значительное снижение проводимости воздухоносных путей
2000	Снижение эластичности легких

но влияет на здоровье населения. По данным ООН, в Париже смог уносит жизни 350 жителей в год, в Лионе — 50 жителей. В США смертность от смога составляет 60 тыс. человек ежегодно, он вызывает более 700 случаев заболеваний раком легких. Воздействию озона, продукта фотохимического тумана, человек подвергается начиная с 40-х годов XX в. Пороговый уровень раздражения глаз озонном составляет 300 мкг/м³, восприятия запахов — 15 мкг/м³, появления головной боли — 100 мкг/м³. В табл. 86 приведены данные о

влиянии озона на состояние здоровья населения.

В отличие от других атмосферных загрязнений, влияние озона носит интермиттирующий характер. У здоровых людей после двухчасового воздействия озона в концентрации 200 мкг/м³ выявляются некоторые нарушения функционального состояния легких, а при концентрации 700—800 мкг/м³ снижается проводимость дыхательных путей. При воздействии озона в концентрации 200—500 мкг/м³ в течение 1 ч учащаются приступы бронхиальной астмы и случаи раздражения глаз, снижается сила мышц. Больные хронической пневмонией, проживающие в местности с пиковой одночасовой концентрацией озона в диапазоне 400—1400 мкг/м³, испытывают дополнительный стресс. Агентство по охране окружающей среды США установило такие уровни загрязнения атмосферного воздуха окислителями, требующие своевременного проведения мероприятий по предупреждению неблагоприятного влияния фотооксидантов на здоровье населения: настораживающий (200 мкг/м³), предостерегающий (800 мкг/м³), чрезвычайный (1000 мкг/м³), наносящий значительный ущерб (1200 мкг/м³). Азота оксид как сильный окислитель непосредственно поражает легочную ткань. В бронхах и альвеолах выявляют патологические изменения уже при такой концентрации, которая реально определяется в атмосферном воздухе населенных мест. По клиническим симптомам заболевания напоминают эмфизему легких. Особенно чувствительны к азоту диоксиду клетки, осуществляющие газообмен, и реснитчатые клетки. Уменьшаются их количество и активность. При контакте азота оксидов с влажной поверхностью легких образуются кислоты, трансформирующиеся в нитраты и нитриты. Как кислоты, так и их производные раздражают слизистые оболочки, особенно нижних дыхательных путей, что может привести к рефлексным нарушениям дыхания и даже к отеку легких. Кроме того, нитраты и нитриты превращают оксигемоглобин в метгемоглобин, что вызывает кислородную недостаточность. Установлено, что в концентрации 15 мг/м³ азота диоксид раздражает глаза, а уровень его от 200 до 300 мг/м³ представляет опасность при кратковременном вдохе,

так как NO_x попадают в легкие, где соединяются с гемоглобином крови и могут привести к отеку легких.

Многочисленные исследования свидетельствуют о зависимости детской заболеваемости от воздействия атмосферного воздуха, загрязненного серы диоксидом. В Англии проанализировали заболеваемость большой группы детей (3866 лиц) с момента их рождения до 15-летнего возраста. Оказалось, что значительное повышение частоты респираторных заболеваний наблюдалось в те дни, когда среднегодовая концентрация серы диоксида превышала $0,13 \text{ мг/м}^3$. Аналогичные данные относительно частоты обострения бронхиальной астмы получены в США. Так, при содержании в атмосферном воздухе серы диоксида в концентрации до $0,049 \text{ мг/м}^3$ заболеваемость взрослого населения Нашвилла составляла 8%, а в районах с концентрацией $0,350 \text{ мг/м}^3$ — 44%. Вследствие высокой растворимости 80—95% серы диоксид поглощается верхними дыхательными путями. Она поступает в легкие и быстро разносится кровью. Изменяет фагоцитоз, обуславливает бронхоспазм, активизирует выделение слизи. В высокой концентрации серы оксиды и аэрозоли ухудшают течение хронических респираторных и сердечно-сосудистых болезней. В носовой части глотки задерживается 25—40% аэрозолей, содержащих частицы размером $3,0\text{--}5,0 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$. В легкие попадает 20—25% аэрозольных частиц размером $1 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$. Самоочищение органов дыхания от твердых частиц может длиться от нескольких недель до нескольких лет. Большой вред организму наносит копоть, поскольку на ней сорбируется значительное количество кислотных газов, что создает локальную концентрацию кислот. Очень опасна белковая пыль. В некоторых городах, где расположены предприятия микробиологической промышленности, наблюдаются вспышки массовых аллергических заболеваний. Зарегистрированы случаи бронхиальной астмы, возникшей при ингаляции пыли соевых бобов. Так, в Барселоне зафиксировано 26 случаев бронхиальной астмы, которые обусловлены влиянием атмосферного воздуха, загрязненного частицами соевых бобов. При этом пострадали 687 человек. Наиболее высокие показатели заболеваемости наблюдаются у детей в возрасте до 1 года. Интенсивные показатели заболеваемости детей этого возраста в районах расположения предприятий цветной промышленности в 1,5—3,5 раза выше, чем у детей, проживающих в контрольном районе. Особенно часто регистрируют случаи поражения органов дыхания, нервной системы, органов чувств (табл. 87).

Экологическим маркером легочной патологии является металлическая пыль в которой содержатся субмикроскопические частицы Pb, Zn, Cd. При попадании в клетку эти металлы вступают во взаимодействие с биологически активными соединениями, образуя комплексы с функциональными группами: аминокислотами, нуклеиновыми кислотами, фосфолипидами. Локализация металлов в клетке зависит от их сродства с этими группами. Так, Zn сосредоточивается в ядерной микросомальной и жидкостной фракции; Pb имеет сродство с цитоплазматической мембраной и мембранами органеллоспецифических структур; Cd связывается с белком. Металлы нарушают метаболические процессы в фагоцитах, что приводит к гибели клеток, снижению защитной функции легких и развитию местного и общего токсического эффекта. Присутствие

ТАБЛИЦА 87

**Интенсивные показатели заболеваемости детей в возрасте до 1 года
в районах расположения предприятий цветной металлургии,**

Производство	Болезни органов дыхания			Болезни нервной системы и органов чувств			Болезни кожи
	Всего	Бронхит	Пнев- мония	Всего	Болезни глаз	Болезни ушей	
Медеплавильное	988	74,6	95,8	38,9	14,2	18,5	134,8
Алюминиевое	1915	149	39,0	226	116	105	442
Обработка цветных металлов	1864,7	101,7	39,2	159,5	55	104	188,4
Машиностроение	612	10,8	30,7	20,4	6,1	12	25,7

в атмосферном воздухе комбинаций химических веществ может вызвать синергическое воздействие вредных ингредиентов. Так, фториды активизируют в легких процесс, инициированный бериллием. Комбинация азота диоксида со смолообразными веществами приводит к ухудшению течения рака легких. Совместное воздействие CO и NO_x, CO и H₂S, CO и SO₂ может оказать более выраженное гипотензивное действие. SO₂, NO_x и фенол могут активизировать процессы развития опухолей в легких. Увеличение у населения промышленных городов частоты неспецифической легочной патологии, особенно хронического бронхита, который онкологи рассматривают как предраковое состояние, дает основание считать, что атмосферные загрязнения, провоцируя хронические воспалительные заболевания легких, могут быть одной из причин повышения риска заболевания раком легких. При совместном воздействии аэрозолей цинка сульфата, аммония сульфата и озона нарушается синтез коллагена, и снижаются защитные свойства легких в отношении инфекций, азота диоксид усиливает эти процессы. Легочные заболевания наблюдаются чаще, если атмосферный воздух загрязнен серы диоксидом и пылью. Комбинированное действие алюминия и хрома оксидов в составе нового вида искусственных минеральных волокон вызывает развитие мезотелиомы. Соединения хрома при этом повышают цитотоксичность волокнистых частиц и фибриногенное воздействие их на легочную ткань, усиливая реакцию трахеобронхиальных лимфатических узлов и повышая накопление липидов в легких. Неблагоприятное воздействие оказывает комбинация бензола, выбрасываемого автотранспортом, с другими канцерогенными веществами, например сажей, среднее содержание которой в воздухе городов составляет 7 мкг/м³ и которая сама обуславливает риск возникновения рака в 91 случае на 100 тыс. экспонированного населения в год.

Методические подходы к изучению влияния загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения. Программа изучения влияния загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения приведена в табл. 88.

При решении вопроса о выборе территорий для наблюдений необходимо исходить из того, что они должны отличаться по характеру и степени или лишь по степени загрязнения атмосферного воздуха и не должны отличаться

Программа изучения влияния загрязненного атмосферного воздуха
на здоровье населения

Контингент	Способ формирования контингентов	Характеристика показателей здоровья	Способ наблюдения	Источники информации	Методы математико-статистического анализа и прогнозирования
Все население; выборочные группы, отдельные группы: возрастные, специально отобранные, профессионные	Сплошной учет; случайный выбор; гнездовой выбор; типологическая выборка; направленный выбор; способ уравниваемости групп; механический выбор	Смертность: по нозологическим группам; детская; перинатальная. Заболеваемость: общая по обращению; хроническая по нозологическим группам; с временной потерей трудоспособности и т. п.; физическое развитие; инвалидизация; преморбидные состояния (физиологические, биохимические, иммунологические отклонения)	Ретроспективный, проспективный, поперечный, продольный, периодическое или постоянное наблюдение за теми же группами	Официальные отчеты лечебно-и санитарно-профилактических учреждений и органов здравоохранения, соцобеспечения, государственной статистики, бюро ЗАГСов; спецучет случаев заболевания и летальных случаев в ЛПУ; данные врачебных обследований населения; данные клинических, лабораторных и инструментальных обследований; результаты медико-социологических исследований; специально составленные карты состояния здоровья	Сравнительный, динамичный, корреляционно-регрессивный, дисперсионный

по уровню обеспечения населения медицинской помощью, ее специализации и организации, а также по основным социально-экономическим показателям. Общее количество таких территорий зависит от характера населенного пункта, в котором осуществляется исследование. Территории можно выбирать также по принципу основной зоны, в которой количественные показатели загрязнения атмосферного воздуха в несколько раз превышают допустимые уровни, а также контрольные, когда содержание атмосферных загрязнений находится в пределах допустимого значения. Учитывая то, что данные о состоянии здоровья населения могут быть получены в масштабе не менее чем одной поликлиники, размер такой территории должен приближаться к размеру территории, которую обслуживает данное медицинское учреждение. Для выбора районов наблюдения необходимо предварительно проводить санитарное обследование территорий для полного учета источников загрязнения атмосферного воздуха и сбор данных по социально-гигиеническим и социально-экономическим показателям.

При выборе контингентов можно брать для наблюдения все население, особенно в небольших населенных пунктах, но минимальное количество лиц

в группе должно составлять не менее 25 тыс., иначе данные с учетом половых и возрастных признаков будут недостоверными. Если наблюдение проводят на значительной территории, где проживает большое количество населения, то формируют выборочную совокупность населения (контингента наблюдений), здоровье которого будут изучать. Для определения численности выборочных групп устанавливают объем выборки, который обеспечивает достоверность и надежность результатов на основании использования известных в санитарной статистике формул для определения допустимой погрешности показателя. Преимуществом выборочного метода по сравнению со сплошным является быстрое получение достаточно надежных результатов. Необходимо отметить, что в последнее время большинство исследований выполняют в детских коллективах. Это объясняется отсутствием у детей профессионального анамнеза, вредных привычек (курение, употребление алкоголя, наркотиков, применение снотворных средств), уровнем медицинского обслуживания, возможностью изучения условий жизни за короткий период времени. К тому же организм ребенка более восприимчив к действию любых вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в связи с высоким обменом веществ. Перечень источников информации о состоянии здоровья населения приведен в табл. 88. Здоровье, согласно современным представлениям, определяют такие показатели: 1) демографические (рождаемость, мертворождаемость, смертность — общая, детская, перинатальная, возрастная; средняя продолжительность жизни); 2) заболеваемость (общая, инфекционная, важнейшая неэпидемическая, с временной утратой трудоспособности, госпитализированная); 3) физическое развитие (всего населения или отдельных возрастных и профессиональных групп); 4) инвалидизация. Наряду с общепринятыми показателями, характеризующими состояние здоровья, большое значение имеют также показатели, которые дают возможность оценить функциональное состояние организма. Их отклонения от нормы еще не свидетельствуют о возникновении заболевания, но характеризуют степень снижения адаптационных возможностей организма (преморбидное состояние). Первым, ранним, показателем неблагоприятного воздействия загрязненного атмосферного воздуха является снижение иммунологической реактивности организма ребенка. Изменение дыхательных функций (форсированного объема выдоха, форсированной жизненной емкости легких — пневмотахометрические и пневмотахографические показатели) и иммунологической реактивности определяют преморбидное состояние у практически здоровых детей. Показатели физического развития ребенка являются чувствительным индикатором неблагоприятного влияния атмосферных загрязнений. Значительное внимание уделяют комплексной оценке состояния здоровья с определением единых (комплексных) показателей. Например, здоровье каждого ребенка оценивают с учетом показателей физического развития, состояния дыхательной функции, иммунологической реактивности, частоты хронических и острых заболеваний в течение года. При этом состояние здоровья выражают в баллах или ребенка относят к определенной группе здоровья. Такой же подход и при комплексной оценке групп здоровья на основании обращений и медицинских осмотров больших коллективов. Данные о заболеваемости на-

селения являются также объективным показателем уровня и изменений в состоянии здоровья и одним из основных критериев оценки реакции населения на неблагоприятное воздействие загрязненного атмосферного воздуха. Заболеваемость населения дает возможность изучить как длительное (хроническое), так и кратковременное (острое) влияние атмосферных загрязнений. Изучают заболеваемость населения методом копирования всех случаев заболеваний взрослого и детского контингентов как по материалам обращения за медицинской помощью, так и по результатам медицинских осмотров. Иначе говоря, наблюдение за выбранными контингентами осуществляется по типу статистического или эпидемиологического исследования. Эпидемиологическое исследование позволяет углубленно изучать причины и факторы, влияющие на показатели здоровья населения. Поперечный эпидемиологический метод исследования используют для установления распространенности заболевания в момент обследования и обнаружения статистической связи между распространением заболевания и потенциально опасными этиологическими факторами. Данные о действии (причине) и эффекте (заболевании) касаются одного момента времени. Продольный эпидемиологический метод применяют в том случае, если необходимо провести наблюдение за определенной группой населения в динамике. При этом устанавливают связь между действием этиологических факторов риска и возникновением заболеваний даже тогда, когда они разделены значительным промежутком времени. В проспективных исследованиях наблюдают за группами экспонированных и неэкспонированных (когортами) лиц. В процессе таких исследований выявляют лишь новые случаи заболеваний. Ретроспективные исследования проводят методом сравнения распространения этиологических факторов у больных (опытная группа) и здоровых (контрольная группа). При этом научный поиск ведется в направлении от эффекта к причине. Анализ результатов исследований состояния здоровья населения основывается на использовании математически-статистических методов, которые учитывают способ формирования контингентов, возможности компьютерной обработки, математического моделирования и прогноза. Современные математически-статистические методы анализа дают возможность не только установить факт наличия связи между изменением состояния здоровья и загрязнением атмосферного воздуха, но и определить количественную зависимость этой связи с выделением по значимости отдельных загрязняющих веществ, влияющих на здоровье.

Мероприятия по охране атмосферного воздуха

Законодательные мероприятия — это мероприятия, определяющие идеологическое и юридическое обоснование мероприятий в области санитарной охраны атмосферного воздуха.

Законодательные мероприятия регулируют общественные отношения в использовании и воссоздании природных ресурсов, осуществляют экологиче-

скую политику правительства, направленную на предупреждение загрязнения воздушного бассейна вредными веществами и защиту здоровья населения. Законодательные мероприятия обеспечивают гармоничное развитие физических и духовных сил, высокий уровень трудоспособности и активное долголетие каждого члена общества, предупреждают заболеваемость и снижают ее, ликвидируют факторы и условия, которые отрицательно влияют на здоровье населения. Законодательство состоит из актов, утвержденных государственными органами. Ретроспективный анализ данной литературы свидетельствует о том, что в 1273 г. английский парламент принял закон о запрещении использования угля как загрязнителя атмосферного воздуха. В России в 1883 г. впервые вышло положение "О разрешении и оборудовании частных заводов, мануфактурных, фабричных и других учреждений в г. Санкт-Петербурге", в котором была сделана попытка классифицировать промышленные предприятия на три категории в зависимости от причиненного вреда атмосферному воздуху. А в 1913 г. в нашей стране Управление главного врачебного инспектора подготовило законопроект "О санитарной охране воздуха, воды и почвы", а также "Положение о санитарной охране воздуха от загрязнения дымом". Но основные принципы законодательства в области охраны атмосферного воздуха были сформулированы в период организации Народного комиссариата здравоохранения в 1918 г. В 1929—1930 гг. начали проводить научные исследования по гигиене атмосферного воздуха и был организован трест "Газоочистка по проектированию газоочистных сооружений и их внедрение на предприятиях". В 1947 г. приняты "Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий". В этом документе впервые были определены требования к выбору земельного участка под строительство промышленных предприятий и установлены размеры СЗЗ в зависимости от класса их опасности. В 1949 г. вышло постановление Совета Министров "О мерах борьбы с загрязнением атмосферного воздуха и улучшения санитарно-гигиенических условий населенных мест", в соответствии с которым впервые запрещалось утверждение проектов строительства, реконструкции промышленных предприятий, не предусматривающих санитарно-технических мероприятий. В 1969 г. были утверждены "Основы законодательства СССР и союзных республик об охране здоровья", а в 1973 г. постановлением Совета Министров — "Положение о государственном санитарном надзоре" № 361, в котором определены цель, задание и права санитарно-эпидемиологической службы. В Украине в 1971 г. Верховным Советом был принят закон о здравоохранении, а в 1973 г. МЗ Украины утвердило приказ № 517"0 государственном санитарном надзоре в Украине". 25.06.1980 г. был принят "Закон об охране атмосферного воздуха", в соответствии с которым на санитарно-эпидемиологическую службу был возложен контроль за выполнением санитарно-гигиенических норм и правил в этой области. В соответствии с постановлением Верховного Совета Украины от 24.08.1991 г. "О провозглашении независимости Украины" и принятием "Акта провозглашения независимости Украины" санитарно-эпидемиологическая служба Украины в своей деятельности руководствуется такими законодательными документами, в частности Конституцией Украины (принятой на V сессии Верховной Рады Украины 28.06.1996 г.).

Полновластие народа Украины в области охраны окружающей природной среды и использование природных ресурсов реализуется на основании Конституции Украины. В соответствии со ст. 13, земля, ее недра, атмосферный воздух, водные и другие природные ресурсы, находящиеся в пределах территории Украины, являются объектами права собственности украинского народа. В ст. 16 подчеркивается, что экологическая безопасность и поддержание экологического равновесия, сохранение генофонда украинского народа являются обязанностью государства.

1.07.1991 г. принят закон Украины "Об охране окружающей природной среды", который определяет правовые, экономические и социальные основы организации охраны окружающей природной среды в интересах настоящего и будущих поколений. Согласно ст. 52 этого документа предприятия, учреждения, организации и граждане обязаны придерживаться правил транспортировки, хранения и применения средств защиты растений, стимуляторов их роста, минеральных удобрений, токсических химических веществ с тем, чтобы не допустить загрязнения ими окружающей природной среды. При создании новых химических препаратов и веществ, других потенциально опасных для окружающей среды субстанций должны разрабатываться и утверждаться МЗ Украины допустимые уровни содержания этих веществ в объектах окружающей природной среды, методы определения их остаточного количества и утилизации после использования. В ст. 53 указывается, что производство и использование новых штаммов микроорганизмов и других биологически активных веществ разрешается лишь после проведения комплексных исследований их влияния на здоровье людей и окружающую природную среду при согласовании с МЗ Украины. В ст. 55 подчеркивается, что предприятия, учреждения, организации и граждане должны принимать эффективные меры по уменьшению объемов образования и обезвреживания, переработки, безопасного складирования или захоронения производственных, бытовых, других отходов. Ст. 68 предусматривает дисциплинарную, административную, гражданскую и уголовную ответственность за нарушение законодательства об охране окружающей природной среды.

19.11.1992 г. постановлением Верховной Рады Украины были утверждены "Основы законодательства Украины о здравоохранении", которые направлены на обеспечение гармоничного развития физических и духовных сил, высокой трудоспособности и долголетней активной жизни граждан, устранение факторов, отрицательно влияющих на их здоровье, предупреждение болезней и снижение заболеваемости, инвалидности и смертности, улучшение наследственности. Санитарно-эпидемиологическое благополучие территорий и населенных пунктов Украины обеспечивает система государственных стимулов, соблюдение санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических правил и норм и организация государственного санитарного надзора.

16.10.1992 г. был введен в действие закон Украины "Об охране атмосферного воздуха", который направлен на сохранение и восстановление природного состояния атмосферного воздуха, создание благоприятных условий для жизнедеятельности, обеспечения экологической безопасности и предупреждения

неблагоприятного воздействия атмосферного воздуха на здоровье людей и окружающую природную среду. Этот закон определяет правовые и организационные основы и экологические требования в области охраны атмосферного воздуха.

Для оценки состояния атмосферного воздуха устанавливают нормативы экологической безопасности атмосферного воздуха, предельно допустимых выбросов веществ, загрязняющих атмосферный воздух, стационарных источников, предельно допустимого влияния физических и биологических факторов стационарных источников, содержания вредных веществ в отработанных газах и влияния физических факторов передвижных источников в пределах населенных пунктов, в рекреационных зонах, в других местах проживания, постоянного или временного пребывания людей, объектах окружающей природной среды с целью обеспечения экологической безопасности граждан и окружающей природной среды.

Предприятия, учреждения и организации, деятельность которых связана с выбросами веществ, загрязняющих атмосферный воздух, неблагоприятным влиянием физических и биологических факторов, обязаны: осуществлять организационные, хозяйственные, технологические, технические, планировочные мероприятия по уменьшению объемов выбросов вредных веществ и уменьшению влияния физических факторов, организации СЗЗ, благоустройству территории промышленной площадки, осуществлению контроля за составом и содержанием веществ, поступающих в атмосферный воздух. Предприятия, учреждения и организации в соответствии с международными соглашениями обязаны сокращать и в дальнейшем полностью прекратить производство и использование химических веществ, разрушающих озоновый слой, а также выбросы углерода диоксида и других веществ, накопление которых в атмосфере может привести к изменению климата. Выбросы вредных веществ, для которых не установлены соответствующие нормативы экологической безопасности, не разрешаются. Для аварийных ситуаций и неблагоприятных метеоусловий должны быть разработаны и согласованы с соответствующими министерствами специальные мероприятия по охране атмосферного воздуха. В документе перечислены мероприятия по предотвращению и уменьшению загрязнения атмосферного воздуха автотранспортными и другими передвижными средствами и установками: 1) перевод транспортных средств на менее токсичные виды топлива и выполнение комплекса мероприятий по снижению выбросов, обезвреживанию вредных веществ и уменьшению физического влияния во время проектирования, производства, эксплуатации и ремонта транспортных и других передвижных средств и установок; 2) рациональная планировка и застройка населенных пунктов с соблюдением определяющих нормативов расстояние к транспортным путям; 3) выведение из густонаселенных жилых кварталов за пределы города транспортных предприятий, грузового транзитного автомобильного транспорта; 4) ограничение въезда автомобильного транспорта и других транспортных средств и установок в селитебные, курортные, лечебно-оздоровительные, рекреационные и природно-заповедные зоны, места массового отдыха и туризма; 5) улучшение содержания транспортных путей и уличного по-

крытия; 6) внедрение в городах автоматизированных систем регулирования дорожного движения; 7) совершенствование технологий транспортировки и хранения топлива, обеспечение постоянного контроля качества топлива на нефтеперерабатывающих предприятиях и автозаправочных станциях; 8) внедрение и совершенствование деятельности контрольно-регулирующих и диагностических пунктов и комплексных систем проверки нормативов экологической безопасности транспортных и других передвижных средств и установок. Проектирование, производство и эксплуатация транспортных и других передвижных средств и установок, содержание вредных веществ в отработанных газах которых превышает нормативы или уровни влияния физических факторов, запрещается.

Должны соблюдаться также правила и требования к транспортировке, хранению и применению пестицидов и агрохимикатов с целью предупреждения загрязнения атмосферного воздуха.

Законом определены требования к охране атмосферного воздуха в процессе добычи полезных ископаемых, проведения взрывных работ и загрязнения производственными, бытовыми и другими отходами. Запрещено складирование, хранение, размещение производственного, бытового мусора, новых терриконов и отвалов, которые могут быть источниками ухудшения качества воздушного бассейна населенных пунктов. Планировка, застройка и развитие населенных мест должны осуществляться с учетом требований к рациональному использованию и экологической безопасности атмосферного воздуха и обязательным проведением экологической экспертизы. Во время определения мест размещения новых, реконструкции действующих предприятий, неблагоприятно влияющих на состояние атмосферного воздуха, устанавливаются СЗЗ. Контроль в области охраны атмосферного воздуха направлен на соблюдение требований законодательства по охране и использованию атмосферного воздуха всеми государственными органами и предприятиями, организациями и гражданами. МЗ Украины и его органы на местах осуществляют контроль в части соблюдения ПДК атмосферных примесей, ПДУ акустического, электромагнитного и радиационного влияния на здоровье населения. Государственному учету подлежат объекты, отрицательно влияющие на состояние воздушного бассейна. Сбор, обработка, хранение и анализ информации о качестве атмосферного воздуха осуществляются по единой системе государственного мониторинга окружающей природной среды органами МЗ Украины, Министерством экологии и перерабатывающих ресурсов и Государственной гидрометеорологической службой. Лица, виновные в нарушении законодательства об охране атмосферного воздуха, несут ответственность согласно актам законодательства Украины.

24.02.1994 г. был введен в действие закон Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения". Согласно ст. 19, качество атмосферного воздуха в населенных пунктах, на территории предприятий, заведений, организаций и других объектов должно отвечать санитарным нормам. Предприятия обязаны принимать надлежащие меры по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха и устранению его причин. Вместе с указан-

ными выше законодательными документами санэпидслужба при осуществлении предупредительного и текущего государственного санитарного надзора руководствуется инструктивными, нормативно-методическими материалами, а именно: 1) ДБН 360-92 "Планировка и застройка городских и сельских поселений"; 2) ГОСТ 17.2.3.01-86 "Правила контроля качества воздуха населенных пунктов"; 3) ОНД-86 "Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, которые содержатся в выбросах предприятий"; 4) "Государственные санитарные правила планировки и застройки населенных пунктов" (утверждены приказом № 173 МЗ Украины от 19.06.1996 г.; 5) "Государственные санитарные правила охраны атмосферного воздуха населенных мест" (от загрязнения химическими и биологическими веществами) — ДСП-201-97. 9.02.1995 г. Верховная Рада Украины приняла закон "Об экологической экспертизе", который направлен на предупреждение неблагоприятного влияния антропогенной деятельности на состояние окружающей природной среды и здоровье людей, а также оценку степени эколого-гигиенической безопасности хозяйственной деятельности и эколого-гигиенической ситуации на отдельных территориях и объектах. В области профилактической медицины законом определены такие задачи: установление соответствия объектов экспертизы требованиям санитарных норм; оценка влияния их деятельности на популяционное здоровье и эффективность мероприятий по охране здоровья населения. Главным принципом экспертизы является гарантирование безопасной для жизни и здоровья людей окружающей природной среды. Объектами экспертизы являются проекты законодательных и других нормативно-правовых актов, предпроектные, проектные материалы, документация по внедрению новой техники, технологий, материалов, веществ, продукции, реализация которых может привести к нарушению эколого-гигиенических нормативов, отрицательному влиянию на состояние окружающей природной среды, созданию угрозы здоровью людей. Субъектами экологической экспертизы в части, касающейся экспертизы объектов, которые могут неблагоприятно влиять на здоровье людей, являются органы и учреждения МЗ Украины.

Гигиенические мероприятия являются составной частью санитарного законодательства, основой предупредительного и текущего государственного санитарного надзора'.

Технологические мероприятия направленные на обеспечение экологически чистого производства.

Выбросы промышленных предприятий разделяют на технологические и вентиляционные; организованные и неорганизованные. К технологическим относятся: хвостовые выбросы технологических процессов; выбросы во время продувания технологического оборудования; выбросы котельных. Вентиляционными считаются выбросы общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Организованными выбросами являются такие, которые отводятся системой

газоотводов на пылегазоочистные установки. К неорганизованным выбросам относятся: выбросы, возникающие вследствие эксплуатации негерметичного технологического оборудования, коммуникаций, складов сырья и фабрикатов, золоотвалов, отвалов шлама.

Технологические мероприятия должны обеспечивать, *во-первых*, замкнутые технологические процессы, исключая выброс в атмосферу хвостовых газов на конечных стадиях производственных процессов или газов, образующихся на промежуточных стадиях производства (абгазов). В настоящее время все шире внедряют частичную рециркуляцию, т. е. повторное использование газов. Организуют промышленное производство по принципу безотходной технологии. По этой схеме хвостовые газы и абгазы используют как ценное сырье в промышленном производстве. Примером может служить газификация высокосернистого жидкого топлива (мазута) с получением газа, используемого для энергетики. В сталеплавильном производстве пыль, содержащую 40—50% железа превращают при смешивании с силикатом натрия и цементом в продукт, используемый в технологии этого производства.

Золу уноса применяют для укрепления солончаковых почв, а в смеси с песком и гравием — для строительства дорог, изготовления портландцемента, бетона, легкого наполнителя, как добавку при изготовлении брикетов или строительных блоков, а также, при условии отсутствия токсичных ингредиентов, в качестве удобрения в сельском хозяйстве. *Во-вторых*, необходимо предусмотреть такие технологические процессы, которые обеспечивают: 1) замену вредных веществ безвредными или менее вредными; 2) замену сухих средств переработки сыпучих материалов мокрыми; 3) замену нагревания на пламени электрическим нагреванием, твердого и жидкого топлива — газообразным; 4) очистку сырья от вредных примесей; 5) герметизацию и максимальное уплотнение стыков и соединений в технологическом оборудовании для предупреждения выделения вредных веществ в процессе производства; 6) комплексную механизацию, автоматизацию процессов; 7) непрерывность процессов производства; 8) покрытие механического транспорта, а также использование гидро- и пневмотранспорта для транспортировки сыпучих материалов; 9) рекуперацию вредных веществ и очистку технологических выбросов. В последнее время внимание ученых мира привлекает бестопливная энергетика — использование солнечной, ветровой и геотермальной энергии. В Крыму самой природой созданы идеальные условия для применения этих источников энергии. На солнечном полуострове действует 50 гелиостатов, которые дают возможность экономить 200 т топлива. Имеется несколько десятков ветряных мельниц, в том числе и на Арабатской стрелке. Дымовые котельные заменяют гелиотермальными установками, обогревающими за счет подземного тепла служебные помещения, школы, детсады, жилые дома, теплицы, животноводческие фермы и пр. Мощным источником энергии является также море. Большой интерес представляет и возможность использования энергетических установок, которые работают от солнечных лучей. В Крыму построена первая в стране солнечная электростанция. С целью снижения загрязнения атмосферного воздуха дымовыми газами котельных считают целесообразным использование в котельных и ТЭС

природного газа. Так, изменение топливной структуры на киевских ТЭС, т. е. увеличение использования газа до 98%, уменьшило выброс золы в 3 раза, сернистого газа — в 5 раз. Перспективным направлением в развитии энергетики является переработка топлива в энерготехнологических установках с промышленным использованием продуктов, содержащихся в топливе. Процесс переработки твердого топлива состоит из: а) подсушивания измельченного топлива дымовыми газами; б) термического разложения топлива с получением полукокса, газа и смолы; в) сжигания полукокса в котле и использования продуктов термического разложения. В конечном счете получают газ и электроэнергию. Вид топлива имеет также большое значение и для ограничения токсичности выхлопных газов автотранспорта. Поиски новых видов топлива ведутся в двух направлениях: усовершенствование традиционного и создание нового. Первое направление предусматривает производство основных видов топлива (бензина и дизельного топлива) с добавлением таких компонентов, как спирты, водород, высокооктановые вещества, присадки. Второе направление предусматривает производство синтетического топлива с применением горючих сланцев, угля, природного газа, горючих нефтяных компонентов. В последние десятилетия чаще стали использовать природный газ как заменитель нефтяного топлива. По энергетическим параметрам 1 м^3 природного газа эквивалентен 1 дм^3 бензина. Применение сжатого природного газа дает возможность снизить концентрацию оксида углерода в 2—3 раза, азота оксидов — в 1,2—2 раза, углеводородов — в 1,1—1,4 раза. Среди спиртового топлива преимущество отдают метиловому спирту. Перспективность метанола объясняется, *во-первых*, его высокой детонационной стойкостью. Добавляя метанол к низкооктановому бензину, можно значительно (до 72—95) повысить его октановое число и не применять *токсичные антидетонаторы на основе свинца*. *Во-вторых*, *мощность* двигателей, работающих на чистом метаноле, на 6—7% выше, выброс углеводородов меньше на 10—12%, азота оксидов — на 8—12%, чем работающих на бензине. Поскольку в отработанных газах отсутствует сажа, отпадает необходимость в каталитическом нейтрализаторе. Перспективны также насадки из пористого термовермикулита, насыщенного растворами солей марганца и железа, и металлокомплексных соединений.

Полученное на основе водорода синтетическое топливо имеет ряд преимуществ. Запасы сырья для получения такого топлива не ограничены. В процессе сжигания искусственного топлива на основе водорода образуется значительно меньше вредных веществ, чем при сжигании жидкого и газообразного, а если сжигают водород, они практически отсутствуют. Такое топливо можно применять в современных автомобилях, авиационных двигателях без значительных конструктивных изменений. В последнее время для получения жидкого или газообразного топлива рекомендуют применять биотехнологии. В качестве сырья можно использовать коммунальные и сельскохозяйственные отходы, сахарный тростник, сахарную свеклу, сорго, кукурузу, водяной гиацинт, водоросли. В процессе фотохимического превращения биомассы образуются метан, метанол, водород. Важное значение в решении проблемы обезвреживания отработанных газов автотранспорта имеет разработка роторных, двухтакт-

ных двигателей, работающих на горючей смеси при соотношении воздуха и топлива 40:1 вместо 15:1 и одновременно уменьшающих потребление горючего на 40%, особенно на низких оборотах. При этом главным условием полного сгорания такой смеси является ее однородность, что достигается рециркуляцией части отработанных газов. Для повышения эффективности очистки отработанных газов автомобилей также усовершенствуют катализаторы: механические характеристики глиноземной подложки путем изменения плотности, размера пор, толщины и площади активной поверхности, а также оптимального распределения таких металлов, как платина, палладий, родий с применением алюминия оксида. Для одновременного снижения содержания NO_x и окисления HC , CO предложено использовать катализаторы тройного действия. Значительное сокращение выбросов NO_x (свыше 60% при сгорании угля) промышленными предприятиями может быть достигнуто при применении горелок нового поколения с внутренним размещением топлива. Нестехиометрическое сжигание (сжигание топлива при недостаточном количестве кислорода в нижней части топки с добавлением воздуха в начальную часть потока) с образованием низкой концентрации NO_x рекомендуют при использовании новых и переоборудованных систем всех видов котлов. Рециркуляция дымовых газов (10—20%) частично охлажденного газа рециркулирует в камеру сгорания) дает возможность уменьшить объем выбросов NO_x при сжигании угля на 20%, мазута — 20—40%, газа — на 50%. В последнее время широкое распространение получило селективное каталитическое восстановление азота оксидов. Преимуществами этого процесса являются высокая (90%) степень очистки газов от оксидов азота, отсутствие побочных продуктов и минимальная потеря тепла. Для сокращения объема выбросов соединений серы во время сжигания угля предусматривают предварительную обработку угля с обогащением в тяжелой среде с выделением 10—30% серы. Применяя многостадийную флотацию, электростатическое распределение и масляную агломерацию из угля можно удалить до 90% пиритной серы и до 65% общей серы. Полная очистка угля от серы возможна после удаления связанной органической серы. При этом перспективными являются микробиологические и химические методы. Микробиологические методы основаны на том, что определенные бактерии и грибы поглощают серу. Методы химической очистки предусматривают обработку угля специальными реагентами или растворителями под давлением и каталитическую гидрогенизацию. Считают целесообразным десульфирование угля методом измельчения и промывания водой и растворами щелочей, удаление колчедана при помощи воздушных сепараторов. Среди циклических процессов удаления сернистого ангидрида с получением серосодержащих веществ наиболее распространен известковый метод удаления серы из топлива путем орошения дымовых газов известковым молоком в скрубберах. Продукты взаимодействия соединений кальция и серы в США удаляют в шлам, а в Японии перерабатывают на гипс и строительно-дорожные материалы. В процессе сжигания мазута с высоким содержанием серы для снижения концентрации ее соединений в выбросах целесообразно применять химические присадки (пироллин, дисульфурол, бюказин, корит и др.). К принципиально новым методам очистки газов

топок от серы диоксида и азота диоксида относятся: 1) обработка газов аммиаком или известью с дальнейшим облучением потоком электронов; 2) метод, который основан на окислении сернистого ангидрида на ванадиевом катализаторе с образованием серной кислоты и аммония сульфата; 3) сухое улавливание адсорбентами — мелкозернистым торфяным полукоксом или железа оксидами; 4) связывание серы путем вдувания в топку порошка доломита ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$); 5) метод газификации под давлением; 6) окисление озоном с использованием полученных продуктов в качестве удобрений.

Уменьшения (на 93—98%) диоксиновых выбросов мусоросжигательных заводов и энергоустройств, работающих на твердых отходах, достигают при использовании модифицированного кальция гидроксида — сорбалита. Эффективность повышается при добавлении активированного угля. Разработана технология сорбции ПХДД и ПХДФ из дымовых газов с применением фильтров из буроугольного кокса, что дает возможность снизить содержание этих веществ на два порядка. Найден способ разрушения диоксинов при прохождении ГВС и летучей золы через слой катализатора при температуре 350—450 °С. Широко применяют термические технологии для удаления диоксинов из выбросов (нагревание или окисление при температуре 1000 °С): сжигание в стационарной печи, которая вращается; ликвидация при помощи инфракрасного нагревания и в электрическом реакторе.

СаНитарНО-технические мероприятия. Оборудование для очистки газов от пыли. Существует два метода очистки ГВС от пыли: сухой и мокрый. Оба метода описывают одной моделью — скоростью движения частиц относительно газового потока под действием гравитационных, центробежных, инерционных и электростатических сил в течение времени пребывания газа в камере. Поведение частиц размером до 100 мкм в газовом потоке подчиняется таким правилам турбулентного осаждения (закон Стокса):

$$\pi \frac{D_p^3}{6} \rho_s \frac{v^2}{r} = 3\pi\eta u_i D_p,$$

где D_p — диаметр частицы (м); ρ_s — плотность частицы (кг/м^3), v — скорость газового потока в камере (м/с); η — динамическая вязкость газовой среды ($\text{Па} \cdot \text{с}$); u_i — скорость движения частицы (м/с); r — радиус камеры (м):

$$u_i = \frac{\rho_s D_p^2 v^2}{18\eta r}.$$

Поведение частиц диаметром более 200 мкм в газовом потоке описывают по формуле:

$$v_r = \sqrt{\frac{8gD\rho_1}{3\rho_2}},$$

где D — диаметр частицы (м); ρ_1 , ρ_2 — плотность частицы и среды (кг/м^3); g — ускорение силы свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Частицы диаметром менее 0,1 мкм подчиняются броуновскому движению. В табл. 89 приведены данные о зависимости скорости осаждения частиц от их размера. С уменьшением диаметра частиц пыли от 200 до 0,5 мкм скорость осаждения уменьшается в 171 428 раз.

В основу классификации установок по очистке газового потока от пыли положены силы, действующие на пылинки и отделяющие их от потока-носителя. К первой группе относятся механические пылеуловители, в которых пыль удаляется под действием гравитационных, центробежных или инерционных сил. Ко второй группе относятся фильтрационные устройства, в которых пыль удаляется при прохождении газового потока через пористый материал под действием сил инерции, сил Ван-Дер-Ваальса. Третья группа — электрофилтры, в которых частицы осаждаются за счет электростатических сил, четвертая группа — акустические пылеуловители, в которых действуют акустические колебания звуковой и ультразвуковой частот, пятая группа — устройства, в которых частицы улавливаются орошающей жидкостью.

Гравитационные пылеуловители. Пылеосадительные камеры представляют собой полую камеру круглого или прямоугольного сечения с бункером для сбора пыли (рис. 88). Эффективность работы камеры зависит от площади ее основания и скорости осаждения частиц пыли. Чтобы частица пыли успела осесть на дно камеры, ее длина L_k должна составлять:

$$U = H_k (v_r v_{oc}),$$

где H_k — высота камеры; v_r — скорость газа (м/с); v_{oc} — скорость осаждения частиц (м/с). При одной и той же скорости газа в камерах с небольшой высотой газ очищается эффективнее.

Газовый поток на входе в камеру проходит через решетки с лопастями, которые повышают эффективность улавливания пыли благодаря снижению турбулентности потока. При поступлении газового потока в камеру скорость частиц резко уменьшается (до 1—1,5 м/с) и они под действием сил гравитации выпадают на дно камеры, после чего поступают в бункер с пылевым затвором (рис. 88, а). Пылевые затворы могут быть непрерывного ("мигалки" с плоскими и конусными клапанами, или шлюзовые затворы и шнеки) и периодического (шиберные и шаровые) действия. Для лучшего улавливания частиц увеличивают поверхность осаждения лугом оборудования в камерах горизонтальных полок (рис. 88, б) или вертикальных перегородок (рис. 88, в, г), что сокращает путь движения частиц и время их осаждения. Пыль, осевшую на полках, периодически удаляют скребками через дверцы в боковой стенке камеры или смыывают водой. В гравитационных камерах улавливаются частицы диаметром 50 мкм. Эффективность очистки составляет 40—50%. Такие камеры применяют

ТАБЛИЦА 89
Скорость осаждения
частиц пыли
разного диаметра
в воздушной среде

Диаметр, мкм	Скорость осаждения, см/с
200	120
100	30
50	7
10	0,3
5	0,07
1	0,003
0,5	0,0007

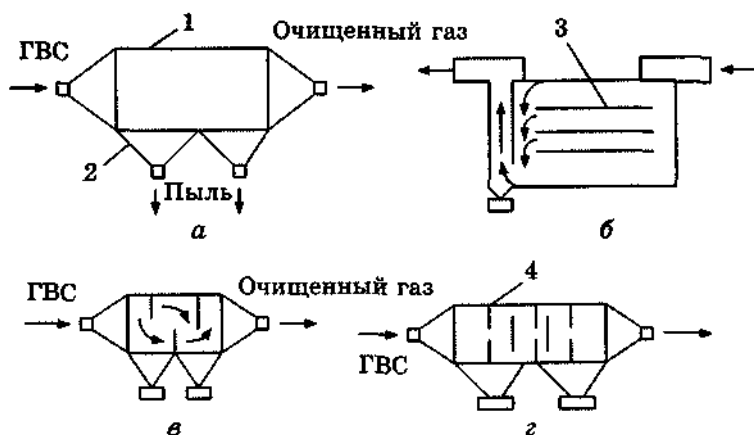


Рис. 88. Основные конструкции пылеосадительных камер:

а — полая; б — с горизонтальными полками; в, г — с вертикальными перегородками; 1 — корпус; 2 — бункер для сбора пыли; 3 — полки; 4 — перегородки

главным образом для первой ступени очистки газа от грубодисперсной пыли (например, на агломерационных фабриках, чугунолитейных заводах).

Инерционные пылеуловители. Принцип действия таких аппаратов основан на использовании инерционных сил. Если в аппарате по ходу движения газа установить препятствие, то газовый поток огибает его, а твердые частицы по инерции сохраняют первоначальное движение. Наталкиваясь на препятствие, они теряют скорость и выпадают из потока. Эффективность пылеулавливания повышается, если частицам сообщить дополнительный момент движения, вектор которого направлен вниз и совпадает с вектором гравитационных сил. Жалюзийный инерционный пылеуловитель имеет форму конуса и состоит из колец, вставленных одно в другое с небольшим промежутком, который образует кольцевую щель. Он установлен в газоход основанием навстречу потоку ГВС. Основание пылеуловителя полностью перекрывает сечение газохода, вследствие чего запыленный воздух направляется в конус (рис. 89). Процесс очистки ГВС в аппарате состоит в том, что во время прохождения дымовых газов со скоростью 5—15 м/с через щели между кольцами они разделяются на потоки, которые резко меняют свое направление и огибают кольца. Частицы пыли, продолжая по инерции двигаться вперед, отделяются от газа, ударяются о пластины и попадают внутрь входной камеры. Большая часть ГВС (80—90%) проходит через кольцевые щели, а меньшая (10—20%) направляется в циклон, а затем — в дымоход. В жалюзийных пылеуловителях газовый поток очищается от пылевых частиц диаметром 25—30 мкм на 60%. Применяют их в котельных, а также при обработке минерального сырья. Недостатками этих аппаратов являются цементация пылевых частиц на перегородках, сложность очистки, абразивное изнашивание поверхности пластин.

К инерционным пылеуловителям относится и пылевой мешок (штаубзак). Это цилиндр диаметром Ю м с коническим дном (рис. 90). Газ поступает

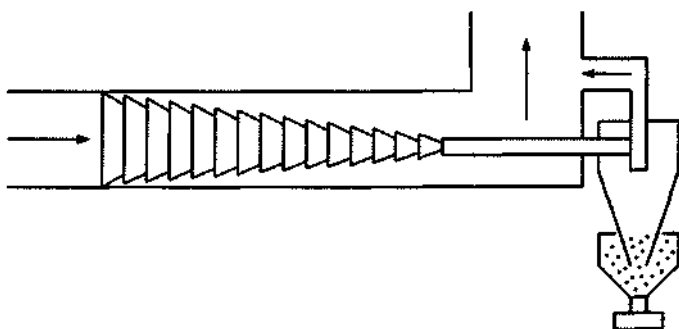


Рис. 89. Жалюзийный инерционный пылеуловитель

сверху по центральной трубе, которая расширяется книзу внутрь пылевого мешка.

Осаждается пыль вследствие резкого изменения направления газового потока (на 180°) при выходе из центральной трубы в корпус мешка. Очищенный газ поднимается со скоростью 1 м/с к выходному штуцеру. Штаубзак применяют для предварительной очистки (на 65—85%) газа от пылевых частиц диаметром 25—30 мкм в черной, цветной металлургии во время электротермической обработки полиметаллического сырья в печах.

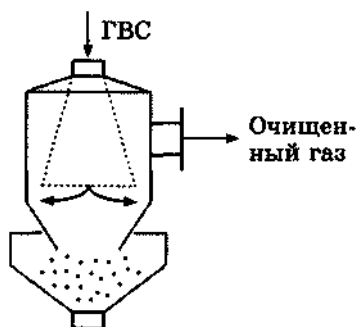


Рис. 90. Штаубзак

Центробежные пылеуловители. Наиболее распространенные среди центробежных устройств так называемые циклоны. Это объясняется относительной простотой их конструкции, незначительным гидравлическим сопротивлением, малыми габаритными размерами и достаточной эффективностью очистки. Термин "циклон" происходит от греч. *kyklon* — взвихрить, крутить, перемещать по кругу. Циклон впервые был применен как сухой вихревой сепаратор 25.07.1886 г., когда СМ. Морзе получил германский патент на циклонный сепаратор. Выделяется пыль в циклонах под действием центробежных сил, возникающих вследствие вращения газового потока в корпусе аппарата. Несмотря на разнообразие конструкций циклонов, классический вариант (рис. 91) имеет такие составные части: цилиндрическую обечайку (3) с крышкой (5) и тангенциальным патрубком (4) для введения запыленного газа; конус (2) с патрубком для отведения пыли; центральную трубу (7) с патрубком (6) для отведения очищенного газа; пылесборник (1).

Запыленный газ поступает в циклон по тангенциально расположенному патрубку, приобретая вращательное движение. После двух-трех вращений в кольцевом промежутке между корпусом и центральной трубой газ винтообразно опускается вниз, причем в конусной части аппарата вследствие уменьшения диаметра скорость вращения потока увеличивается. Под действием центробежной силы частицы пыли отбрасываются к стенкам цилиндра, благодаря

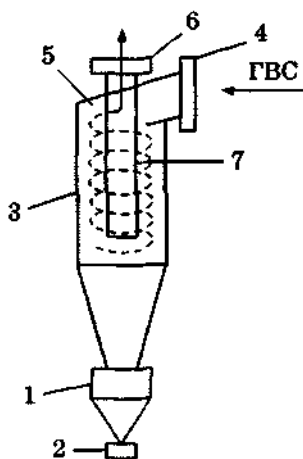


Рис. 91. Циклон

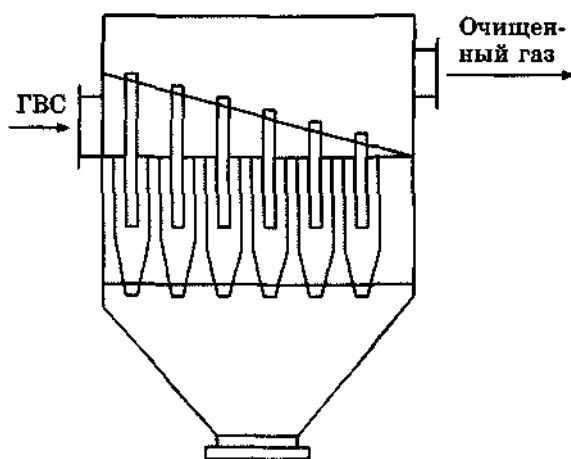


Рис. 92. Батарейный циклон

чему основная их масса сосредоточивается в потоке газа, который движется непосредственно у стенок аппарата. Этот поток направлен в нижнюю часть конуса, частицы пыли при этом попадают в пылесборник, а газ, резко изменив направления, по центральной трубе выводится из аппарата. Эффективность очистки газа от частиц пыли диаметром 5 мкм составляет 11 %, до 10 мкм — 40%, 30 мкм — 70%, 60 мкм — 90%. В различных отраслях промышленности в зависимости от условий производства и требований очистки применяют циклоны типов: НИИОгаз (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24, СК-ЦН-34, СК-ЦН-40); ЛИОТ; СИОТ; ЦКТИ; ЦМС-27 и др. При одной и той же производительности меньшие размеры циклонов обеспечивают более высокую степень очистки, имеют меньшее гидравлическое сопротивление, работают в широком диапазоне запыленности (до 100 г/м³), температур (до 400 °С) и давления. К таким аппаратам относятся батарейные циклоны (мультициклон, мультиклон). Высокой степени очистки ГВС достигают за счет установки в циклонах диаметром 3 м элементов (циклончиков) малого диаметра (15—25 см). Батарейный циклон может содержать несколько десятков и даже сотен параллельно размещенных элементов, которые имеют общие коллектор для подведения газа и бункер для сбора пыли (рис. 92). Так, батарейный циклон производительностью 650 000 м³/ч содержит 792 циклончика. Но оптимальным считают содержание таких элементов в количестве 100. При большем их количестве эффективность очистки снижается. Батарейные циклоны могут работать по принципу прямо- или обратноточных циклонов. Вращательное движение ГВС в элементах совершается как за счет тангенциального подведения, так и путем аксиальной подачи газа через розетки.

Запыленный газ входит через патрубок в коническую камеру циклона, а затем аксиально — в циклончики, которые имеют винтообразный аппарат с 4—8 лопастями или спираль, установленные под углом 25°. Лопасты могут быть загнутыми вверх для безударного входа газа. Когда ГВС проходит винто-

образные лопасти, твердые частицы за счет центробежной силы выпадают из потока и собираются в бункере. Очищенный газ по центральным трубам циклончиков направляется в верхнюю часть батарейного циклона и выводится из него по патрубку. Эффективность очистки составляет: от частиц пыли диаметром 5 мкм — 85—90%, 10 мкм — 85—90%, 20 мкм — 90—95%. Циклоны используют главным образом для первой ступени очистки (в строительной, металлургической промышленности, на ТЭС) в комбинации с аппаратами для тонкой очистки газа, например электрофильтрами и скрубберами. К недостаткам относятся сложности в изготовлении и большая металлоемкость аппаратов. Кроме того, батарейные циклоны эффективно работают лишь при очистке газов от сухой и не слипающейся пыли.

Фильтрационные пылеуловители. В этих устройствах газовый поток проходит через пористый материал различной плотности и толщины, в котором задерживается основная часть пыли. Фильтрационные устройства в зависимости от фильтрующих материалов разделяют на 4 группы:

1) с гибкими пористыми перегородками из природных, синтетических и минеральных волокон, из тканевых, нетканевых волокнистых материалов (войлока, картона, губчатой резины, пенополиуретана, металлотканей). В последние годы натуральные ткани (шерсть, хлопок) заменяют на синтетические, химически, термически, механически стойкие к воздействию микроорганизмов, с меньшей влагоемкостью (ровил из поливинилхлорида, крилор из полиакрилонитрила, тергаль из полиэфирной смолы), а также используют стекловолокно, обработанное силиконом, которое выдерживает температуру 300 °С;

2) с полужесткими перегородками (из стружки, сеток);

3) с жесткими перегородками (из керамики, пластмасс, прессованного порошка, металла);

4) с зернистыми слоями (из кокса, гравия, кварцевого песка).

Фильтрующий эффект пористого материала состоит в улавливании частиц, диаметр которых превышает размер отверстий (пор) материала. При этом более крупные частицы пыли располагаются поперек этих отверстий, образуя сплошной слой пыли, который задерживает тонкую пыль. Чем меньше диаметр пор, тем эффективнее улавливание аэрозолей. Частицы, достигая поверхности материала, оседают под действием сил Ван-Дер-Ваальса, электростатического притяжения. На практике широко используют рукавные фильтры. Рукавный фильтр запатентован в 1886 г. Бетом. Поэтому его еще называют бета-фильтром (рис. 93). Тканевые фильтры изготавливают в форме цилиндрических труб (рукавов), расположенных параллельно в несколько рядов, что обеспечи-

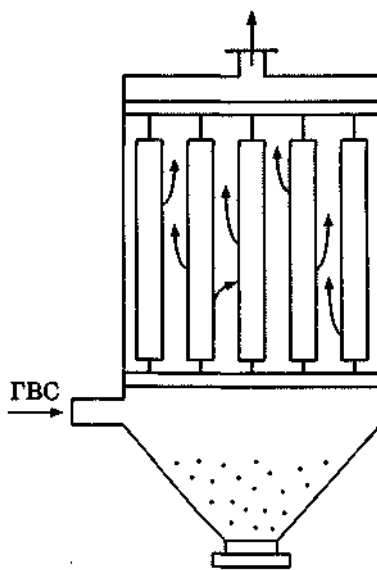


Рис. 93. Рукавный фильтр

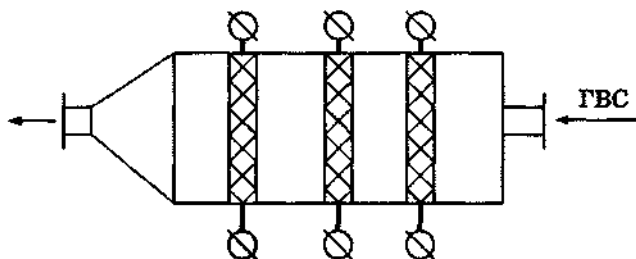


Рис. 94. Фильтр с полужесткими пористыми перегородками

вайт большую площадь поверхности. Вентилятор через входной газоход нагнетает газ в камеру, затем он проходит через тканевые рукава, нижние концы которых закреплены хомутами на патрубках распределительной решетки. Пыль оседает на внутренней поверхности рукава, а очищенный газ проходит через поры ткани и выводится в атмосферу.

Рукавные фильтры очищают газ от тонкодисперсной пыли, т. е. от частиц диаметром 0,001—0,5 мкм. Частицы диаметром более 1 мкм задерживаются в основном путем соударений и прямого захвата, в то время как частицы диаметром 0,001—1 мкм улавливаются вследствие диффузии и электростатического взаимодействия. После образования достаточно толстого слоя пыли с перепадом давления 40—70 мм вод. ст. эффективность очистки ГВС возрастает до 99%. Когда перепад давления достигает 120—150 мм вод. ст., фильтр необходимо очищать. Это достигается механической вибрацией или встряхиванием, обратным продуванием пульсирующими потоками, обратным потоком воздуха, звуковыми волнами. Тканевые фильтры рекомендуют применять в таких случаях: 1) когда необходима высокая эффективность улавливания пыли; 2) когда пыль является ценным продуктом, который необходимо собрать сухим; 3) когда температура газа выше чем его точка росы; 4) когда объемы ГВС небольшие; 5) в цветной металлургии, цементной, мукомольной промышленности. Недостатки рукавных фильтров: 1) для их размещения необходимы значительные производственные площади; 2) невозможность работать с гигроскопичными материалами.

Фильтры с полужесткими пористыми перегородками состоят из ячеек-кассет, между стенками которых расположен слой стекловолна, шлаковаты, металлической стружки, насыщенной маслом. Собранные в секции кассеты установлены перпендикулярно к газовому потоку или под углом к нему (рис. 94).

Эффективность очистки при использовании таких фильтров составляет 99%. Их применяют для улавливания пылевых частиц всех размеров, при разных объемах выбросов и концентрации пыли на производстве технического углерода, пестицидов, красителей, сталелитейном, цементном, во время измельчения полевого шпата, графита.

Электрофильтры впервые были применены в 1903 г. Принцип очистки ГВС в электрофильтрах состоит в следующем. Если напряженность электрического поля между электродами превышает критическую величину, которая

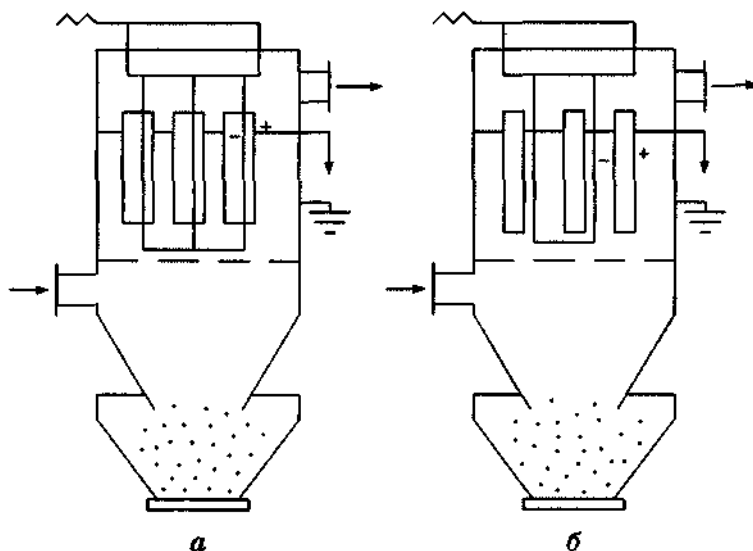


Рис. 95. Электрофильтр с трубчатыми (а) и пластинчатыми (б) электродами

равна 30 кВ/см, то молекулы воздуха ионизируются у негативно заряженного коронирующего электрода и приобретают отрицательный заряд. Во время движения негативно заряженные ионы воздуха встречают пылинки и передают им свой заряд. В свою очередь пылинки направляются к положительно заряженным осадительным электродам, достигают их поверхности и теряют свой заряд. Слой образовавшейся пыли удаляется при помощи вибрации и поступает в бункер. Очищенный газ через верхний конфузор поступает в дымовую трубу. Электрофильтры могут быть с трубчатыми (рис. 95, а) или пластинчатыми (рис. 95, б) электродами. Электрофильтр с трубчатыми электродами представляет собой камеру, в которой расположены осадительные и коронирующие электроды. Осадительные электроды — это трубы из графита, стали или пластмассы диаметром 15–30 см и длиной 3–4 м, расположенные параллельно, заземленные и соединенные с положительным полюсом выпрямителя. По оси труб натянуты коронирующие электроды из нихромовой или фехральной проволоки диаметром 1,5–2 мм, подвешенные к раме и соединенные с отрицательным полюсом.

Электрофильтр с пластинчатыми электродами — это камера, в которой между осадительными пластинами высотой 10–12 м и шириной 8–10 м подвешены коронирующие электроды. Ионизирующие электроды натягиваются в центре между осадительными электродами, а газовый поток движется параллельно к осадительным электродам. Эффективность очистки ГВС от частиц пыли диаметром 0,05–200 мкм составляет 98–99,99%. Осевшую пыль удаляют с осадительных электродов путем встряхивания или вибрации. Встряхивание применяют в том случае, если толщина слоя пыли достигает 3–6 мм.

Акустический ультразвуковой пылеулавливатель. Степень очистки ГВС может быть повышена путем увеличения размеров пылевых частиц за счет

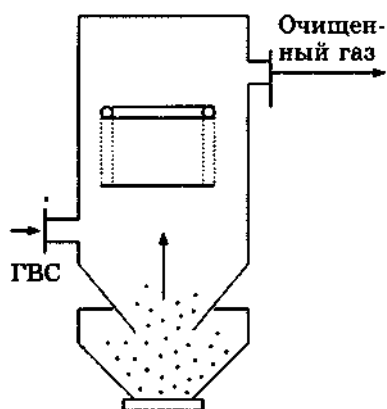


Рис. 96. Акустический ультразвуковой пылеуловитель

акустической коагуляции, возникающей вследствие действия на загрязненный газ акустических колебаний звуковой и ультразвуковой частот. Звуковые и ультразвуковые колебания вызывают интенсивную вибрацию частиц, что приводит к резкому увеличению количества случаев их столкновения и увеличения диаметра. Промышленная установка имеет вид резонансного цилиндра (рис. 96) с источником ультразвука. Газ поступает в сепарационную камеру. Озвучивание газа при 150 дБ и 50 кГц приводит к коагуляции частиц пыли с дальнейшим выпадением под действием их массы.

Установки для "мокрой" очистки. В этих установках сочетается очистка ГВС от пыли и вредных газов путем сорбции. Процесс сорб-

ции предусматривает адсорбцию и абсорбцию. Адсорбцией называется концентрирование любого вещества в поверхностном слое сорбента. Адсорбционное равновесие определяется двумя процессами: притяжением молекул или частиц к поверхности сорбента под действием межмолекулярных сил и тепловым движением. Адсорбция наблюдается на поверхности раздела фаз, например, твердое вещество — жидкость, твердое вещество — газ. Твердое вещество, на поверхности которого происходит адсорбция, называют адсорбентом, а вещество, которое концентрируется на границе раздела фаз, — адсорбатом. Абсорбцией называется поглощение пара, газа или растворимых веществ сорбентом. При этом осуществляется переход вещества из газовой фазы в жидкую, выборочное поглощение газа жидкостью без реакции. Процесс протекает в том случае, если парциальное давление абсорбированного компонента в газовой фазе выше равновесного парциального давления этого компонента над данным раствором. Чем больше разница между величинами давления, тем с большей скоростью протекает абсорбция. При хемосорбции абсорбированный компонент вступает в химическую реакцию с поглотителем, образуя новые химические соединения. Наиболее распространенными твердыми сорбентами являются активированный уголь и силикагель, которые для интенсификации процесса очистки обрабатывают катализаторами — медью, серебром, палладием, платиной и др. Из жидких сорбентов чаще всего используют воду (вместе с маслами, органическими растворителями, растворами солей, кислот, щелочей и спиртов, которые должны иметь высокую поглотительную способность, термическую стойкость, не вызывать коррозии, обладать способностью к регенерации). Во время разработки установок стараются обеспечить максимальную площадь контакта газового потока с поверхностью адсорбента. Этого достигают в первом случае путем использования сорбентов соответствующей, т. е. наименьшей фракции, во втором — с помощью пленок адсорбента (жидкости), который стекает по стенкам перегородок, или распыления жидкости в виде мелких капель. Поверхность контакта может быть разной. Это может быть пленка, как

в скруббере с насадкой, пузырек — как в барботажных скрубберах с решетками, капли — как в форсуночных скрубберах, газопромывателях Вентури. Очистку ГВС путем сорбции применяют в том случае, если загрязненный газ сложно или невозможно сжечь, необходима гарантированная рекуперация примеси вследствие ее значительной стоимости или концентрация загрязняющего вещества в газовом потоке незначительна.

По способу действия аппараты для "мокрой" очистки распределяют на полые и насадочные газопромыватели; скоростные турбулентные газопромыватели; аппараты барботажные и ударно-инерционного действия.

Полые и насадочные газопромыватели. Одним из наиболее простых газоочистных устройств "мокрого" типа является круглая или прямоугольная брызгопромывная колонна (рис. 97) с форсунками или водораспределительной установкой, через которую распыляется жидкая фаза для обеспечения эффективного контакта с улавливаемыми частицами.

Газовый поток подводят через трубу, которая расположена тангенциально (рис. 97, а). Благодаря этому ГВС приобретает вращательное движение, поднимается вверх, и частицы пыли отбрасываются к стенкам камеры, орошаемым водой из водораспределителя, который вращается с большой скоростью. Захваченные водной пленкой частицы пыли выводятся в виде шлама через трубу в нижней части установки.

На рис. 97, б изображен форсуночный абсорбер, в котором поверхность между фазами формируется за счет распыления жидкости в камере при помощи форсунок, расположенных в два ряда. ГВС поступает снизу и поднимается навстречу водяному дождю. Частицы пыли приближаются к каплям, захватываются ими и попадают в нижнюю часть камеры. При этом частицы пыли

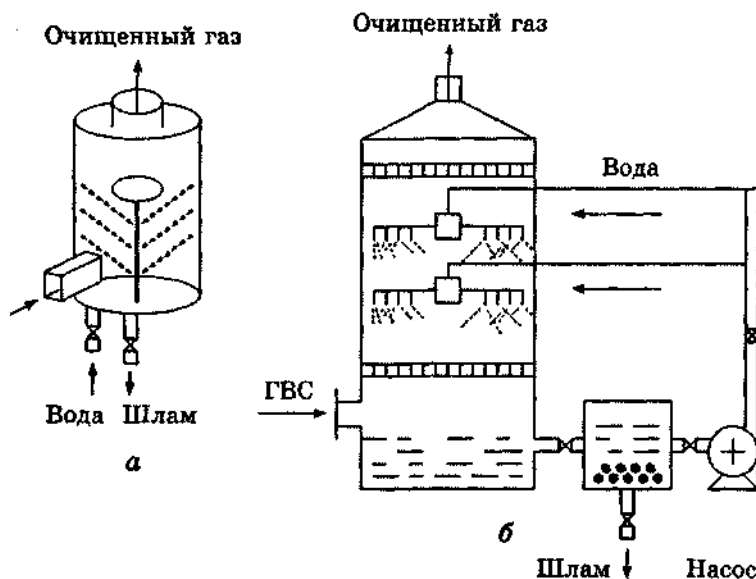


Рис. 97. Полые скрубберы

испытывают действие двух основных сил: собственно силы инерции и силы сопротивления омывающего газа. В нижней части камеры уровень воды должен быть постоянным и образовывать водяной затвор. Над ним расположен распределительный экран для равномерного движения ГВС по сечению установки. В верхней части колонны устанавливают брызгоотбойник, предназначенный для отделения избыточных капель как чистой воды, так и загрязненных, которые слишком малы и не могут опускаться в потоке поднимающегося газа. Используют такие установки для предварительной очистки газа в черной и цветной металлургии, где одновременно необходимо снизить температуру и увлажнить горячие газы. Эффективность очистки ГВС от пылевых частиц диаметром 1 мкм составляет 60%, 5 мкм — 94%, 25 мкм — 99%. Применение перегородок для увеличения продолжительности контакта между газом и жидкостью приводит к повышению эффективности очистки от частиц диаметром 5 мкм до 97%, 10 мкм — до 100%.

Насадочные абсорберы, или пылеуловители со смоченными поверхностями.

Широко применяют в промышленности колонные аппараты, наполненные насадкой. Контакт ГВС с жидкостью в таких аппаратах происходит обычно на смоченной поверхности насадки, по которой стекает жидкость-ороситель. От выбора типа насадки и ее загрузки зависят гидравлический режим и эффективность работы абсорбера. Насадки должны иметь малую насыпную массу, большую удельную поверхность и значительный свободный объем, хорошо смачиваться, не забиваться осадком, равномерно распределять жидкость, отличаться высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью. В промышленности используют следующие типы насадок. *Кольцевые насадки:* 1) кольца Рашига (тонкостенные тела из керамики, фарфора, реже — из металлов, углеграфитовых и пластичных масс); 2) кольца Лессинга (с одной или двумя крестообразными перегородками); 3) спиральные кольца (имеют одну, две или три спирали); 4) кольца Палля (с перфорированными стенками). *Седла* Берля и Инталокс из керамики загружают насыпью высот от 6 до 25 мм. Такие насадки имеют большую удельную поверхность и свободный объем, лучше смачиваются и обуславливают меньшее гидравлическое сопротивление. *Плоскопараллельные насадки* имеют вид вертикальных пакетов высотой 400—800 мм из плоских или волнистых металлических пластин, которые устанавливают с интервалом 10 мм. Контакт между жидкостью и газом достигается за счет пленочного стекания жидкости по стенкам пластин. *Плавающая насадка:* полые или цельные пластмассовые шары, которые при достаточно высокой скорости газа переходят во взвешенное состояние. *Блочная насадка:* большие пустотелые керамические блоки прямоугольной формы. Имеются также насадки в виде кусков материалов (кокс, кварц), проволочных спиралей, розеток, перфорированных металлических полос, пластмассовых и стекловолоконистых материалов (*пропеллерная насадка*).

Насадочный абсорбер (рис. 98) — вертикальная колонна с опорной (колосниковой) решеткой в нижней части. На решетку навалом или рядами укладывают насадку. Оросительную жидкость подают на насадку сверху при помощи оросительных устройств. В нижней части аппарата имеются штуцера для подачи газа и отведения жидкости. Запыленный газ движется снизу вверх со

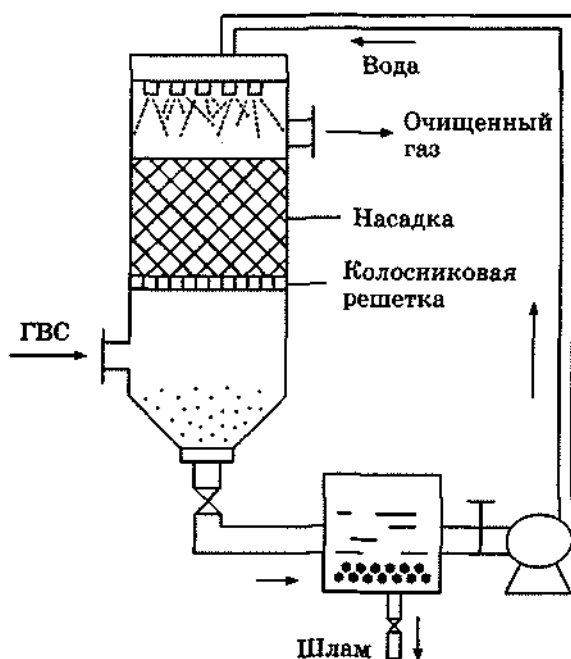


Рис. 98. Насадочный абсорбер

скоростью 0,8—1,5 м/с и орошается водой из форсунок, или брызгал (с диаметром отверстий 1—10 мм), которые устанавливают по всей высоте аппарата. При этом сечение скруббера перекрывается распыленной жидкостью. Частицы пыли захватывает пленка жидкости, и они выводятся из газового потока. Степень очистки ГВС от пыли составляет 75—85%.

Скоростные турбулентные газопромыватели, или скрубберы Вентури. Скрубберы Вентури (рис. 99) применяют для тонкой очистки газов от пыли. Этот процесс состоит в том, что запыленный газ через конфузор, встроенный в газопровод для разгона газового потока, попадает в горловину (диаметром 250—1000 мм), где газ движется с наибольшей скоростью — 50—70 м/с. Через отверстия в горловине под давлением со скоростью 70—100 м/с поступает вода, которая, сталкиваясь с газовым потоком, разбрызгивается на мелкие капельки (диаметром 10 мкм). При столкновении с частицами пыли капельки жидкости поглощают их и коагулируют. Эти капли вместе с газом проходят через диффузор, в котором скорость газового потока снижается до 25 м/с, и поступают в циклонный сепаратор. В циклоне скорость газожидкостной смеси составляет 5 м/с, и капли под действием центробежной силы отделяются от газа, и вместе со шламом попадают в отстойник. В отстойнике воду отделяют от шлама и вновь подают насосом в скруббер. Эффективность очистки от частиц пыли диаметром 0,2—2 мкм составляет 99%.

В скруббере Вентури также эффективно улавливаются продукты сублимации или туман, который образуется при производстве серной кислоты.

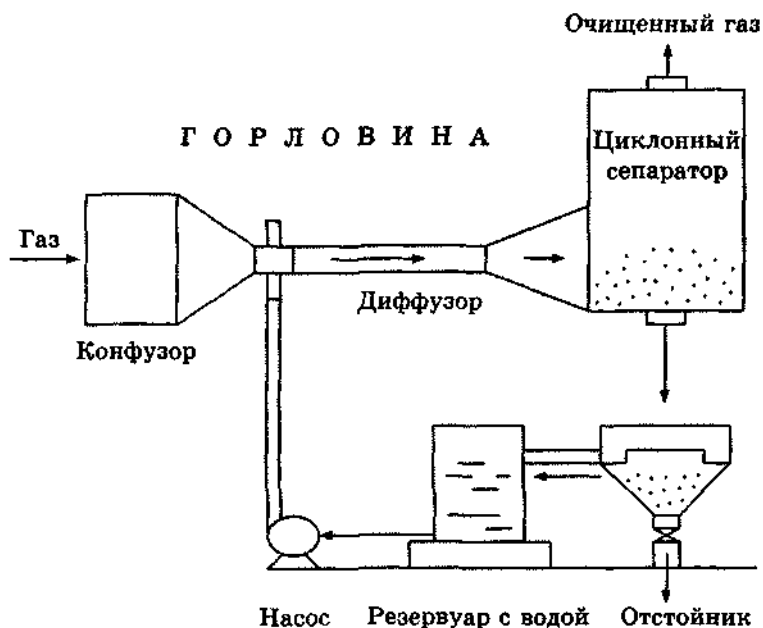


Рис. 99. Скруббер Вентури

Барботажные абсорберы применяют для очистки очень загрязненных газов. Принцип работы таких абсорберов основывается на прохождении (барботаже) пузырьков газа через слой жидкости. Поверхность массообмена в этом случае, когда жидкость является сплошной фазой, а газ — дисперсной, эквивалентна суммарной поверхности пузырьков газа или пены, которая образуется вследствие барботажа. В зависимости от способа образования межфазной поверхности (поверхности массообмена) различают барботажные абсорберы со сплошным барботажным слоем, тарельчатого типа, с плавающей насадкой, с механическим перемешиванием жидкости.

Абсорбер со сплошным барботажным слоем имеет вид камеры с круглым или прямоугольным сечением, внутри которой установлена перфорированная плита для разбивания потока газа на струи. Вода или другая жидкость поступает на плиту через штуцер, а загрязненный газ подается в аппарат через патрубок со скоростью 6—13 м/с. Он проходит в направлении снизу вверх через отверстия в плите, барботирует жидкость и превращает ее в слой подвижной пены. В этом слое пены пыль поглощается жидкостью, основная часть которой (80%) удаляется вместе с пеной через регулируемый порог; 20% жидкости сливаются через отверстия в плите и улавливают в пространстве под плитой частицы пыли. Эта суспензия удаляется через штуцер (рис. 100).

Для повышения степени очистки газов применяют аппараты, в которых по высоте устанавливают не одну, а несколько ступеней (тарелок). Широко распространены колпачковые тарелки. В таких аппаратах ГВС проходит через центральное отверстие и прорези в колпачках, барботирует в виде пузырьков

через жидкость, образуя слой пены, после чего попадает на расположенную выше тарелку. Жидкость перекрестным потоком перемещается по тарелке и затем переливается сверху вниз. С увеличением количества колпачков улучшаются условия контакта газа с жидкостью. В абсорберах с подвижной насадкой достигается большая скорость массопередачи. В аппаратах может быть несколько секций с перфорированными решетками. На каждой решетке имеется слой насадки, которая под действием газа переходит в подвижное (псевдосжиженное) состояние, что способствует увеличению контакта пылинок с водяной пленкой и повышению эффективности очистки (причем движение насадки хаотично). После этого газ попадает в атмосферу.

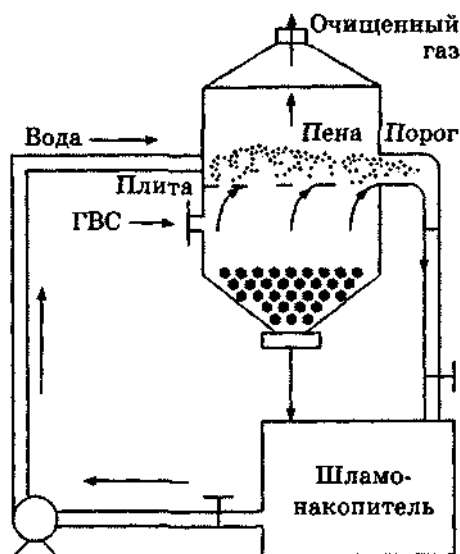


Рис. 100. Абсорбер со сплошным барботажным слоем

Циклонно-ротационные пылеуловители. В этих аппаратах воплощен принцип двухступенчатого распределения неоднородных пылегазовых систем в поле центробежных сил: на первой ступени газ очищается в циклоне, а на второй — в ротационном пылеуловителе.

К установкам ударно-инерционного типа относится ротоклон (роторный сепаратор), который состоит из статоров и роторов. Жидкость подается сквозь сопла в ротор и разбивается на капельки. Запыленный газ проходит через зону распыленной воды, в которой частицы пыли смачиваются, отбрасываются на лопадки ротора, покрытые пленкой воды, и выносятся из аппарата в шламонакопитель.

Каталитические методы очистки ГВС являются наиболее перспективными. Они основываются на превращении вредных примесей в нейтральные вещества, которые легко удалить из газа (экологический катализ). При этом вещества, принимающие участие в химической реакции (катализаторы), не изменяются. Во время гомогенного катализа и катализатор, и реагирующее вещество находятся в одной фазе, например в газовой, а во время гетерогенного катализа — в разных фазах. Для очистки газов от примесей в качестве катализаторов применяют твердые вещества (металлы группы рутения, палладия, родия, платины), которые наносят на основу из сплава никеля, меди, марганца и алюминия. Чтобы произошла химическая реакция между атомами, молекулами или ионами, необходимо их взаимодействие (столкновение) при наличии энергии (активации). При температуре 500°C в 1 см^3 реакционной смеси происходит 10^{28} столкновений частиц в 1 с. Катализ на твердых катализаторах проходит такие стадии: внешней диффузии веществ к поверхности катализатора; внутренней диффузии в порах катализатора; активированной — хими-

ческой адсорбции компонентов на поверхности катализатора; перегруппировки атомов (химическая реакция).

На предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности ГВС обезвреживают термическими методами. Однако при этом необходимо учитывать токсичность продуктов, образующихся в процессе окисления. Аппараты термического обезвреживания ГВС имеют: камерные печи, печи с использованием циклонного принципа смешивания газов, печи со струйным смешиванием газов.

Планировочные мероприятия в градостроительстве определяются схемами районных планировок, генпланом города, санитарными нормами и правилами. К ним относятся: 1) рациональное расположение селитебной территории по отношению к промышленной зоне с учетом розы ветров, опасной скорости ветра, микроклимата данной местности, неблагоприятных метеорологических ситуаций для рассеивания промышленных выбросов, рельефа местности, температурной инверсии, образования туманов, фоновых концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе, перспективы развития районов города; 2) озеленение города; 3) организация СЗЗ для объектов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха.

СЗЗ устанавливают непосредственно от источников загрязнения до границ селитебной территории в зависимости от количества газо- и пылеобразных выбросов, концентрации вредных веществ и веществ с неприятным запахом в атмосферном воздухе, уровня шума, вибрации ультразвука, интенсивности электромагнитных излучений, с учетом реальной санитарной ситуации (фоновое загрязнение, особенностей рельефа, метеоусловий). В тех случаях, когда расчетами не подтверждается размер СЗЗ или невозможна ее организация в конкретных условиях, необходимо изменение технологии производства для снижения выбросов вредных веществ в атмосферу, его перепрофилирование или закрытие.

В соответствии с санитарной классификацией, для предприятий, производств и сооружений IА класса размер СЗЗ составляет 3000 м, IБ класса — 1000 м, II класса — 500 м, III класса — 300 м, IV класса — 100 м, V класса — 50 м. Для предприятий и объектов, которые проектируются с внедрением новой технологии или реконструируются, при необходимости и надлежащем технико-экономическом и гигиеническом обосновании СЗЗ может быть увеличена, но не более чем в 3 раза, при: отсутствии способов очистки выбросов; невозможности уменьшить поступление в атмосферный воздух химических веществ, ограничить влияние электромагнитного и ионизирующего излучения и других вредных факторов до пределов, установленных нормативами; расположении жилой застройки, оздоровительных и других приравненных к ним объектов с подветренной стороны по отношению к предприятиям в зоне возможного загрязнения атмосферы. При организации новых, не изученных в санитарно-гигиеническом отношении производств и технологических процессов, а также строительстве или реконструкции предприятий I и II класса опасности и их комплексов, которые могут неблагоприятно влиять на качество атмосферного воздуха и здоровье населения, размеры СЗЗ определяют в каждом конк-

ретном случае. На внешней границе СЗЗ, обращенной к жилой застройке, концентрация и уровень вредных веществ не должны превышать их гигиенических нормативов (ПДК, ПДУ), на границе курортно-рекреационной зоны — 0,8 от значения норматива. В СЗЗ не допускается строить жилые здания с приусадебными территориями, общежития, гостиницы, дома для приезжих, детские дошкольные заведения, общеобразовательные школы, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего и специального назначения со стационарами, наркологические диспансеры, спортивные комплексы, разбивать сады, парки, организовывать садоводческие товарищества, охранные зоны источников водоснабжения, водозаборные сооружения и сооружения водопроводной распределительной сети.

Запрещено использовать земли СЗЗ для выращивания сельскохозяйственных культур, пастбищ, которые загрязняют окружающую среду высокотоксичными веществами и веществами, оказывающими отдаленное воздействие (соли тяжелых металлов, диоксины, радиоактивные вещества, пестициды и др.). К территориально-производственным, отделенным от селитебной территории СЗЗ шириной более 1000 м, не следует относить предприятия с СЗЗ размером до 100 м, особенно пищевой и легкой промышленности. На территории СЗЗ не должно быть отвалов, шламонакопителей, хвостохранилищ отходов и мусора. Запрещено размещать предприятия I и II класса на площадках с высоким потенциалом загрязнения атмосферного воздуха, длительным застоем примесей при сочетании слабых ветров с температурными инверсиями в глубоких котлованах, в районах, где часто бывают туманы, смог. На территории, где средняя величина повторяемости ветра по 8-румбовой системе отсчета превышает 12,5%, необходимо корректировать размер и конфигурацию СЗЗ по такой формуле:

$$L_0 = \frac{L_0 \cdot P}{P_0},$$

где L_0 — величина СЗЗ, по санитарной классификации производства (м); P — повторяемость ветра в конкретном направлении, согласно среднегодовой розе ветров; P_0 — средняя повторяемость ветра при круговой розе ветров.

В СЗЗ допускается размещать пожарные депо, бани, прачечные, гаражи, склады (кроме общественных и специализированных продовольственных), здания управлений, конструкторских бюро, учебные заведения, производственно-технические училища без общежитий, магазины, предприятия общественного питания, поликлиники, научно-исследовательские лаборатории, обслуживающих указанные и прилегающие предприятия, помещения для дежурного аварийного персонала при суточной охране, стоянки для общественного и индивидуального транспорта, местные и транзитные коммуникации, электростанции, нефте- и газопроводы, скважины и сооружения для технического водоснабжения, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения, рассадники для озеленения СЗЗ и территории предприятия. Территория СЗЗ должна быть четко распланированной и упорядоченной. Минимальная площадь озеленения СЗЗ в зависимости от ее ширины должна со-

ставлять: при ширине СЗЗ до 300 м — 60%, от 300 до 1000 м — 50%, свыше 1000 м — 40%. Со стороны селитебной территории необходимо предусмотреть полосу древесно-кустарниковых насаждений шириной не менее 50 м, а при ширине зоны до 100 м — не менее 20 м. Для озеленения территории промышленных предприятий и их СЗЗ, обочины дорог следует выбирать древесные, кустовые, цветочные и газонные растения в зависимости от климатического района, характера промышленного производства и эффективности зеленых насаждений для очистки воздуха, с учетом их газостойкости. Например, к воздействию SO_2 устойчивы вяз, береза, клен, тополь белый, верба, липа, каштан, дуб; к воздействию NO_2 — каштан, липа, ясень, рябина; к воздействию аммиака — береза, вяз, каштан. В зонах с высоким уровнем загрязнения рекомендуют высаживать: белую акацию, шелковицу, клен, лещину, тополь и вербу; среднего уровня загрязнения — ясень, дуб, боярышник; низкого уровня загрязнения — можжевельник, липу, сосну. Имеет значение и тип посадок. По характеру защитного действия посадки разделяют на изолирующие и фильтрующие. Изолирующими называются посадки с плотной структурой, которые образуют на пути загрязненного воздушного потока механическую преграду и снижают содержание газо- и парообразных примесей на 25—35%. Эти посадки шириной 22—25 м состоят из 8 рядов деревьев и кустарников, расположенных на расстоянии 1—2 м один от другого. Они рекомендуются для СЗЗ предприятий с малотоксичными выбросами. Фильтрующими называются посадки, продуваемые ветром и ажурные по структуре. Они выполняют роль механического и биологического фильтра на пути прохождения загрязненного воздуха сквозь зеленый массив. Такие посадки являются основными для СЗЗ. Они занимают 90% всей территории. Ширина ажурных полос составляет 26—32 м; 7—10 рядов деревьев и кустарников высаживают на расстоянии 4—12 м один от другого.

Государственный санитарный надзор в области охраны атмосферного воздуха

Предупредительный государственный санитарный надзор в области санитарной охраны атмосферного воздуха — это санитарный надзор, осуществляемый органами и учреждениями санэпидслужбы на этапе выбора и отведения земельного участка под строительство (или реконструкцию) промышленных объектов, санитарной экспертизы проектных материалов, контроля за строительством промышленных объектов и введением в эксплуатацию завершенных строительством объектов.

Особенности предупредительного государственного санитарного надзора на этапе выбора и отведения земельного участка для строительства промышленных предприятий. Площадки для строительства новых и расширения существующих предприятий и других объектов, эксплуатация которых будет сопровождаться выбросами в атмосферу вредных веществ, должны выбираться в промышленных зонах городов и других населенных пунктах в стро-

гом соответствии с утвержденными генеральными планами их развития или проектами планирования и застройки с соблюдением "Государственных санитарных правил планирования и застройки населенных мест". При выборе площадки для строительства (или расширения) промышленных или других объектов необходимо учитывать: аэроклиматическую характеристику; рельеф местности, условия естественного проветривания, туманообразования; региональные закономерности распространения промышленных выбросов в атмосферу; перечень и количество выбрасываемых вредных веществ с указанием их ПДК (ОБУВ) и классов опасности; фоновые концентрации примесей от действующих объектов; графические материалы (ситуационный план или схема в радиусе до 50 высот наиболее высокого источника выброса, генеральный план площадки объекта, масштабная схема ситуационного плана с нанесением координатной сетки), обоснование размеров и организации СЗЗ. Запрещено расположение предприятий, которые относятся по санитарной классификации к I и II классам, на площадках с неудовлетворительными аэроклиматическими условиями (третья и четвертая зоны¹, районированные по метеорологическому потенциалу загрязнения), которые характеризуются условиями застоя атмосферы (штиль, температурные инверсии, стойкие туманы) более 3 сут подряд.

Как исключение, вопрос о возможности выбора площадок для размещения новых или расширения существующих объектов, расположенных на территории с неудовлетворительными аэроклиматическими условиями, решает в каждом конкретном случае Главный государственный санитарный врач Украины с учетом заключений Государственной гидрометеорологической службы и Министерства экологии и перерабатывающих ресурсов Украины. По результатам анализа указанных выше данных и документации с осмотром земельного участка в натуре органы государственного санитарного надзора выдают заключение в установленные сроки и по форме, утвержденной Департаментом санитарно-эпидемиологического надзора МЗ Украины. Положительное заключение является основанием для подписания представителем соответствующего органа государственного санитарного надзора акта государственной комиссии по выбору участка под строительство.

Экологогигиеническая экспертиза проектов строительства и реконструкции промышленных предприятий. Согласованию с органами государственного санитарного надзора подлежат все проекты строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения или перепрофилирования промышленных и других объектов. В проектной документации с целью

В соответствии с ДБН 360-92 "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" (п. 10,9) территория Украины имеет 4 зоны в зависимости от метеорологических условий: 1-я — низкого потенциала загрязнения (повторяемость приземных инверсий — до 35%, скорость ветра от 0 до 1 м/с, частота туманов — до 10%); 2-я — умеренного потенциала загрязнения (повторяемость приземных инверсий — до 40%, скорость ветра — 10—20 м/с, частота туманов — до 10% или 10—20% при скорости ветра до 10 м/с); 3-я — повышенного потенциала загрязнения (повторяемость слабых ветров и туманов — до 10—20%, приземных инверсий — до 40%), 4-я — высокого потенциала загрязнения (повторяемость слабых ветров и туманов — свыше 20%, приземных инверсий — до 60% в год).

предупреждения загрязнения атмосферного воздуха должны быть предусмотрены: 1) безотходные и малоотходные технологические процессы; 2) комплексная переработка природных ресурсов; 3) рациональное взаиморасположение основных производственных и вспомогательных зданий и сооружений на промышленной площадке; 4) производственное и санитарно-техническое оборудование, обеспечивающее максимальное улавливание, утилизацию или обезвреживание выбросов; 5) централизация выбросов вредных веществ путем максимального уменьшения количества труб, вентиляционных шахт, дефлекторов и пр. Проектно-сметная документация в составе разделов "Общая пояснительная записка", "Генеральный план и транспорт", "Архитектурно-строительная часть", "Технологическая часть", "Санитарно-техническая часть", "Охрана окружающей среды" должна содержать: характеристику физико-географических и климатических условий района и площадки для строительства; обоснование планировочных решений по рациональному взаиморасположению зданий и сооружений основного и вспомогательного производственного назначения; обоснование выбора оборудования и аппаратуры для очистки или обезвреживания выбросов в атмосферу и сравнение их с передовыми техническими решениями отечественной и зарубежной практики; мероприятия по предупреждению аварийных и залповых выбросов; мероприятия, направленные на уменьшение выбросов в периоды неблагоприятных метеорологических условий; качественные и количественные характеристики выбросов конкретных источников с указанием их агрегатного состояния; характеристика существующего уровня загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния запроектированного объекта; материалы расчетов ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения предприятий; предложения по установлению нормативов ПДК и технические решения по их соблюдению; проектные решения в виде отдельного раздела по организации, благоустройству и озеленению СЗЗ и графические материалы (ситуационный план района, генеральный план площадки объекта, масштабная схема ситуационного плана). По результатам рассмотрения указанных материалов органы государственного санитарно-эпидемиологического надзора выдают заключение.

Государственный санитарный надзор в процессе строительства и введения в эксплуатацию промышленных предприятий. Во время строительства промышленных объектов осуществляется санитарный надзор за соблюдением проектных решений. Внесение изменений и дополнений в проектную документацию, касающуюся мероприятий по охране атмосферного воздуха, во время строительства не допускается без надлежащего обоснования и предварительного согласования с органом государственного санитарного надзора, который выдавал заключение по проекту. Запрещается строительство объектов с нарушениями действующих санитарных правил и отклонениями от утвержденной в установленном порядке проектно-сметной документации по охране атмосферного воздуха. Ответственными за допущенные нарушения и отклонения от проектной документации и несвоевременность принятия мер для их устранения являются заказчик и ответственная строительная и проектная организации. Не допускается приемка в эксплуатацию объектов и пусковых комп-

лексов с недоработками, а также без испытаний, инструментальных исследований работы оборудования и механизмов для предупреждения загрязнения атмосферного воздуха. По результатам проверки полноты выполнения предусмотренных проектом воздухоохраных мер и их соответствия проектной эффективности представитель органа государственного санитарного надзора (член рабочей комиссии) подписывает акт рабочей комиссии о возможности предъявления законченного строительства объекта к приемке государственной комиссией. Если выявлены недоработки или отклонения от согласованных проектных решений, представитель органа государственного надзора выдает заключение о невозможности введения объекта в эксплуатацию. В этом случае заказчик должен принять меры по их устранению и предъявить объект рабочей комиссии повторно. Объект вводят в эксплуатацию после подписания акта всеми членами государственной приемочной комиссии, в состав которой входит и представитель органа государственного санитарного надзора.

Текущий государственный санитарный надзор — это санитарный надзор за санитарным состоянием населенных мест и действующих объектов и соблюдением на них санитарных норм и правил.

Особенности государственного санитарного надзора во время эксплуатации объектов, являющихся источником загрязнения атмосферного воздуха. В процессе эксплуатации промышленных и других объектов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха, государственная санитарно-эпидемиологическая служба запрещает: 1) увеличивать производительность технологических агрегатов, без одновременного изменения мощности газопылеулавливателей; 2) выбрасывать в атмосферный воздух населенных мест вредные вещества, на которые не установлены ПДК или ОБУВ; 3) сжигать производственные, бытовые отходы на территории объектов и населенных пунктов.

Руководители (владельцы) объектов, эксплуатация которых связана с выбросами вредных веществ в атмосферу, обязаны ежегодно разрабатывать и согласовывать с органами государственного санитарного надзора следующие документы: планы организационно-технических мероприятий, направленные на дальнейшее уменьшение выбросов в воздух вредных веществ, обеспечение бесперебойной эффективной работы и поддержание в исправном состоянии сооружений, оборудования и аппаратуры для очистки выбросов, улавливания или обезвреживания вредных веществ и контроля за их работой; документацию, которой предусматривается внесение изменений в технологические процессы или оборудование с целью увеличения производственной мощности. А также информировать органы государственного санитарного надзора о всех случаях залповых выбросов или о других аварийных ситуациях, которые могут привести к опасному для здоровья людей загрязнению атмосферного воздуха в селитебной зоне.

РАЗДЕЛ
V
**ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
В УСЛОВИЯХ НАСЕЛЕННЫХ
МЕСТ**

Наиболее существенными физическими факторами, значительно ухудшающими условия труда и быта населения в городах, являются шум, вибрация и электромагнитное излучение.

Внедрение в промышленность новых технологических процессов, включая электроэнергетику и радиоэлектронику, рост мощности технологического оборудования, средств наземного, воздушного и водного транспорта, многочисленного бытового и инженерного оборудования, механизация производственных процессов, широкое развитие телевидения, радиосвязи, радиолокации, использование высокочастотной электромагнитной энергии в различных сферах народного хозяйства, а также в быту привели к тому, что человек на производстве и дома постоянно подвергается влиянию интенсивных шумов, а в некоторых случаях — вибрации и воздействию электромагнитного излучения.

Борьба с вредными физическими факторами является актуальной комплексной проблемой. Она связана с решением разных задач — гигиенических, технических, административных и правовых.

Исследования показали, что шум и вибрация ухудшают условия и качество труда, крайне неблагоприятно влияют на организм человека: повышают общую заболеваемость, приводят к развитию профессиональных болезней, являются причиной нежелательных психических и физиологических реакций.

Таким образом, проблема борьбы с шумом и вибрацией имеет не только социально-гигиеническое, но и большое технико-экономическое значение.

Шум сопровождает человека от рождения до смерти. Можно рассматривать его как один из наиболее распространенных и неблагоприятных факторов научно-технического прогресса и урбанизации. Шум может оказывать нежелательное физиологическое или психологическое влияние на человека и препятствовать различным видам деятельности: общению, работе, отдыху, развлечениям, сну.

С развитием городов, промышленности, транспорта уровни шума в окружающей среде в экономически развитых странах неуклонно растут, и все большее население подвергается его воздействию. Если раньше достаточно высокие

уровни шума, которые обуславливали некоторое снижение слуха, создавались главным образом деятельностью промышленных предприятий или были связаны с выполнением определенного вида работ, то сегодня их регистрируют на городских улицах, а иногда на жилой территории и в домах. Возможен дальнейший рост этого показателя.

Все это касается вибрации и электромагнитных излучений. Обычно они имеют место в жилых и общественных зданиях, вызывают нарушения многих функций организма человека.

Вопросам борьбы с вредными физическими факторами в нашей стране придается общегосударственное значение. Так, в Законе Украины об охране атмосферного воздуха есть статья "Предотвращение и снижение шума", в которой указано, что государственный контроль по соблюдению нормативов экологической безопасности (при ПДУ акустического, электромагнитного и другого вредного влияния на здоровье людей) возлагается на местные органы государственной исполнительной власти, Министерство охраны окружающей среды, МЗ Украины и их органы на местах. В этой статье отмечено: "С целью предотвращения, снижения и достижения безопасных уровней производственных и других шумов должны осуществляться следующие мероприятия: разработка и внедрение малозумных машин и механизмов на основе технического нормирования; улучшение конструкций транспортных средств и условий их эксплуатации, а также содержание в надлежащем состоянии железнодорожных и трамвайных путей, автомобильных дорог, уличных покрытий; размещение предприятий, транспортных магистралей, аэродромов и других объектов с источниками шума при планировке и застройке населенных мест в соответствии с установленными санитарно-техническими требованиями и картами шума; производство строительных материалов, конструкций, технических средств и сооружений с необходимыми акустическими свойствами; организационные мероприятия для предотвращения и снижения производственных, коммунальных, бытовых и транспортных шумов, включая введение рациональных схем и режимов железнодорожного, воздушного, водного и автомобильного транспорта в пределах населенных пунктов. Граждане обязаны придерживаться требований, установленных с целью борьбы с бытовым шумом в квартирах, а также в дворах жилых домов, в местах отдыха и других общественных местах".

В решении этих вопросов значительная роль принадлежит органам санитарно-эпидемиологической службы, которые должны проводить значительную профилактическую работу в форме предупредительного и текущего надзора за соблюдением требований санитарных норм и рекомендаций по ограничению распространения шума, вибрации и электромагнитного излучения в среде обитания человека. Важнейшее значение приобретает предупредительный санитарный надзор на стадии разработки генеральных планов развития городов, промышленных комплексов, проектов детальной планировки микрорайонов, отдельных зданий и сооружений, когда наиболее легко и эффективно могут быть решены вопросы относительно защиты от вредного воздействия физических факторов. Поэтому врач-гигиенист должен знать основные физические и физиологические характеристики шума, вибрации и электромагнитных полей,

закономерности их распространения в природе, характер влияния на самочувствие и состояние здоровья человека, действующие санитарные нормы, эффективность предупредительных мер.

Не менее важен и текущий надзор за соблюдением требований предприятиями, учреждениями и другими организациями действующего законодательства в области нормирования допустимых уровней шума, вибрации и интенсивности электромагнитных полей. Основным методом текущего санитарного контроля — инструментальные измерения. Врач-гигиенист должен быть хорошо ознакомлен с приборами и методиками определения указанных показателей.

Гигиеническая оценка шума

Исследования последних лет показали, что среди многих природных и антропогенных факторов окружающей среды, влияющих на состояние здоровья населения, наиболее распространенным и агрессивным является городской шум.

Физические и физиологические характеристики шума. Под термином "шум" понимают любой неприятный или нежелательный звук либо их сочетание, которые мешают восприятию полезных сигналов, нарушают тишину, отрицательно влияют на организм человека, снижают его работоспособность.

Звук как физическое явление — это механические колебания упругой среды в диапазоне слышимых частот. Звук как физиологическое явление — это ощущение, воспринимаемое органом слуха при воздействии на него звуковых волн.

Звуковые волны возникают всегда, если в упругой среде имеется колеблющееся тело или когда частицы упругой среды (газообразной, жидкой или твердой) колеблются вследствие воздействия на них любой возбуждающей силы. Однако не все колебательные движения воспринимаются органом слуха как физиологическое ощущение звука. Ухо человека может слышать лишь колебания, частота которых составляет от 16 до 20 000 в 1 с. Ее измеряют в герцах (Гц). Колебания с частотой до 16 Гц называются инфразвуком, более 20 000 Гц — ультразвуком, и ухо их не воспринимает. В дальнейшем будет идти речь лишь о слышимых ухом звуковых колебаниях.

Звуки могут быть простыми, состоящими из одного синусоидального колебания (чистые тона), и сложными, характеризующимися колебаниями различных частот. Звуковые волны, распространяемые в воздухе, называются воздушным звуком. Колебания звуковых частот, распространяющиеся в твердых телах, называют звуковой вибрацией, или структурным звуком.

Часть пространства, в которой распространяются звуковые волны, называют звуковым полем. Физическое состояние среды в звуковом поле, или, точнее, изменение этого состояния (наличием волн), характеризуется *звуковым давлением* (p). Это избыточное переменное давление, возникающее дополнительно к атмосферному в среде, где проходят звуковые волны. Измеряют его в ньютонах на квадратный метр (Н/м^2) или в паскалях (Па).

Звуковые волны, возникающие в среде, распространяются от точки их появления — источника звука. Необходим определенный отрезок времени, чтобы

звук достиг другой точки. Скорость распространения звука зависит от характера среды и вида звуковой волны. В воздухе при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении скорость звука составляет 340 м/с. Скорость звука (c) не следует смешивать с колебательной скоростью частиц (v) среды, являющейся знакопеременной величиной и зависящей как от частоты, так и от величины звукового давления.

Длиной звуковой волны (λ) называется расстояние, на которое колебательное движение распространяется в среде за один период. В изотропных средах она зависит от частоты (f) и скорости звука (c), а именно:

$$\lambda = c/f.$$

Частота колебаний определяет высоту звучания. Общее количество энергии, которая излучается источником звука в окружающую среду за единицу времени, характеризует поток звуковой энергии, определяется в ваттах (Вт). Практический интерес представляет не весь поток звуковой энергии, а лишь та его часть, которая достигает уха или диафрагмы микрофона. Часть потока звуковой энергии, которая приходится на единицу площади, называется интенсивностью (силой) звука, ее измеряют в ваттах на 1 м². Интенсивность звука прямо пропорциональна звуковому давлению и колебательной скорости.

Звуковое давление и интенсивность звука изменяются в большом диапазоне. Но ухо человека улавливает быстрые и незначительные изменения давления в определенных пределах. Существуют верхний и нижний пределы слуховой чувствительности уха. Минимальная звуковая энергия, формирующая ощущение звука, называется порогом слышимости, или порогом восприятия, для принятого в акустике стандартного звука (тона) частотой 1000 Гц и интенсивностью 10⁻¹² Вт/м². Звуковое давление при этом составляет 2 • 10⁻⁵ Па. Звуковая волна большой амплитуды и энергии оказывает травмирующее действие, обуславливает появление неприятных ощущений и боли в ушах. Это верхний предел слуховой чувствительности — порог болевого ощущения. Он отвечает звуку частотой 1000 Гц при его интенсивности 10² Вт/м² и звуковом давлении 2 • 10² Па (рис. 101). Способность слухового анализатора воспринимать большой диапазон звукового давления объясняется тем, что он улавливает не разницу, а кратность изменения абсолютных величин, характеризующих звук. Поэтому измерять интенсивность и звуковое давление в абсолютных (физических) единицах сверхсложно и неудобно.

В акустике для характеристики интенсивности звуков, или шума, используют специальную измерительную систему, где учтена почти логарифмическая зависимость между раздражением и слуховым восприятием. Это шкала белов (Б) и децибелов (дБ), отвечающая физиологическому восприятию и дающая возможность резко сократить диапазон значений измеряемых величин. По этой шкале каждая последующая ступень звуковой энергии больше предыдущей в 10 раз. Например, если интенсивность звука больше в 10, 100, 1000 раз, то по логарифмической шкале она отвечает увеличению на 1, 2, 3 единицы. Логарифмическая единица, которая отражает десятикратную степень повышения



Рис. 101. Диапазон порогов чувствительности по А. Беллу

интенсивности звука над порогом чувствительности, называется белом, т. е. это десятичный логарифм отношения интенсивности звуков.

Следовательно, для измерения интенсивности звуков в гигиенической практике пользуются не абсолютными величинами звуковой энергии или давления, а относительными, которые выражают отношение энергии или давления данного звука к пороговым для слуха величинам энергии или давления. Диапазон энергии, который воспринимается ухом как звук, составляет 13—14 Б. Для удобства пользуются не белом, а единицей, которая в 10 раз меньше, — децибелом. Эти величины называются уровнями интенсивности звука или звукового давления.

Поскольку интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, ее можно определить по формуле:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \approx 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где P — создаваемое звуковое давление (Па); P_0 — пороговое значение звукового давления ($2 \cdot 10^{-5}$ Па). Следовательно, наивысший уровень звукового давления (болевого порог) будет составлять:

$$L = 20 \lg \frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-5}} = 140 \text{ дБ.}$$

После стандартизации порогового значения P_0 уровни звукового давления, определяемые относительно него, стали абсолютными, так как они однозначно отвечают значениям звукового давления.

Уровни звукового давления в разных местах и во время работы различных источников шума приведены в табл. 90.

Звуковую энергию, излучаемую источником шума, распределяют по частотам. Поэтому необходимо знать, как распределяется уровень звукового давления, т. е. частотный спектр излучения.

В настоящее время гигиеническое нормирование осуществляется в звуковом диапазоне частот от 45 до 11 200 Гц. В табл. 91 приведен наиболее часто используемый в практике ряд из восьми октавных полос.

Часто приходится складывать уровни звукового давления (звука) двух и более источников шума или находить их среднее значение. Сложение осуществляют при помощи табл. 92. Производят последовательное сложение уровней звукового давления, начиная с максимального. Сначала определяют разницу между двумя составляющими уровнями звукового давления, после чего по разнице, определенной с помощью таблицы, находят слагаемое. Его приплюсовывают к большему из составляющих уровней звукового давления. Аналогичные действия производят с определенной суммой двух уровней и третьим уровнем и т. д.

Пример. Допустим, что нужно сложить уровни звукового давления $L_1 - 76$ дБ и $L_2 = 72$ дБ. Разница их составляет: 76 дБ - 72 дБ = 4 дБ. По табл. 92 находим поправку по разнице уровней 4 дБ: т. е. $AL = 1,5$. Тогда суммарный уровень $B_{\text{сум}} = B_{\text{бол}} + AL = 76 + 1,5 = 77,5$ дБ.

ТАБЛИЦА 90

Звуковое давление
источников шума, дБ

Объект или источник шума	Уровень звука
Порог чувствительности	0
Тихая сельская местность	20
Спальня	25
Жилая комната	40
Разговор средней громкости	60
Работа на печатной машинке	65—70
Магистральная улица	85—90
Ткацкий цех	90—95
Отбойный молоток	100
Выступление поп-оркестра	110
Во время взлета реактивного самолета (на расстоянии 100 м)	125
Во время работы реактивного двигателя (на расстоянии 25 м)	140

ТАБЛИЦА 91

Основной ряд октавных полос

Предельные частоты, Гц							
45—90	90—180	180—355	355—710	710—1400	1400—2800	2800—5600	5600—11 200
Среднегеометрические частоты, Гц							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

ТАБЛИЦА 92

Сложение уровня звукового давления или звука

Разница между двумя слагаемыми уровнями звукового давления (дБ) или звука (дБА)													
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	15	20
Дополнение к высшему уровню звукового давления (дБ) или уровню звука (дБА)													
3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Большинство шумов содержит звуки почти всех частот слухового диапазона, но отличается разным распределением уровней звукового давления по частотам и их изменением во времени. Классифицируют шумы, действующие на человека, по их спектральным и временным характеристикам.

По характеру спектра шумы разделяют на *широкополосные* с непрерывным спектром шириной более одной октавы и *тональные*, в спектре которых имеются слышимые дискретные тона.

По виду спектра шумы могут быть *низкочастотными* (с максимумом звукового давления в области частот менее 400 Гц), *среднечастотными* (с максимумом звукового давления в области частот 400—1000 Гц) и *высокочастотными* (с максимумом звукового давления на участке частот свыше 1000 Гц). При наличии всех частот шум условно называют белым.

По временной характеристике шумы разделяют на *постоянные* (уровень звука изменяется во времени не более чем на 5 дБА) и *непостоянные* (уровень звука изменяется во времени на более чем 5 дБА).

К постоянным могут быть отнесены шумы постоянно работающих насосных или вентиляционных установок, оборудования промышленных предприятий (воздуходувки, компрессорные установки, различные испытательные стенды).

Непостоянные шумы, в свою очередь, делят на *колебательные* (уровень звука все время меняется), *прерывистые* (уровень звука резко падает до фонового несколько раз за период наблюдения, причем продолжительность интервалов, в течение которых уровень шума остается постоянным и превышает фоновый, составляет 1 с и более) и *импульсные* (состоящие из одного или нескольких последовательных ударов продолжительностью до 1 с), *ритмичные* и *неритмичные*.

К непостоянному относится шум транспорта. Прерывистый шум — это шум от работы лебедки лифта, периодически включающихся агрегатов холодильников, некоторых установок промышленных предприятий или мастерских.

К импульсным могут быть отнесены шумы от пневматического молотка, кузнечно-прессового оборудования, хлопанья дверьми и т. п.

По уровню звукового давления шум делят на низкий, средней мощности, сильный и очень сильный.

Методы оценки шума зависят, прежде всего, от характера шума. Постоянный шум оценивают в уровнях звукового давления (L) в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Это основной метод оценки шума.

Для оценки непостоянных шумов, а также ориентировочной оценки постоянных шумов используют термин "уровень звука", т. е. общий уровень звукового давления, который определяют шумомером на частотной коррекции А, характеризующей частотные показатели восприятия шума ухом человека¹.

Относительная частотная характеристика коррекции А шумомера приведена в табл. 93.

¹ Кривая коррекции А отвечает кривой, равной громкости с уровнем звукового давления 40 дБ на частоте 1000 Гц.

Относительная частотная характеристика коррекции А

Среднеоктавные частоты, Гц							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Относительная характеристика, дБ							
-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+ 1,2	+ 1,0	-1,1

Непостоянные шумы принято оценивать по эквивалентным уровням звука.

Эквивалентный (по энергии) уровень звука ($L_{\text{Аэкв}}$, дБА) определенного непостоянного шума — это уровень звука постоянного широкополосного неимпульсного шума, который имеет то же среднеквадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного времени.

Источники шума и их характеристики. Уровень шума в квартирах зависит от расположения дома относительно источников шума, внутренней планировки помещений различного назначения, звукоизоляции конструкций здания, оснащения его инженерно-технологическим и санитарно-техническим оборудованием.

Источники шума в окружающей человека среде можно разделить на две большие группы — внутренние и внешние. К внутренним источникам шума, прежде всего, относятся инженерное, технологическое, бытовое и санитарно-техническое оборудование, а также источники шума, непосредственно связанные с жизнедеятельностью людей. Внешними источниками шума являются различные средства транспорта (наземные, водные, воздушные), промышленные и энергетические предприятия и учреждения, а также различные источники шума внутри кварталов, связанные с жизнедеятельностью людей (например, спортивные и игровые площадки и др.).

Инженерное и санитарно-техническое оборудование — лифты, насосы для подкачки воды, мусоропровод, вентиляционные установки и др. (более 30 видов оборудования современных зданий) — иногда создают шум в квартирах до 45—60 дБА.

Источниками шума являются также музыкальная аппаратура, инструменты и бытовая техника (кондиционеры, пылесосы, холодильники и др.).

Во время ходьбы, танцев, передвижении мебели, беготни детей возникают звуковые колебания, передающиеся на конструкцию перекрытий, стены и перегородки и распространяющиеся на большое расстояние в виде структурного шума. Это происходит вследствие сверхмалого затухания звуковой энергии в материалах конструкции зданий.

Вентиляторы, насосы, лифтовые лебедки и другое механическое оборудование зданий являются источниками как воздушного, так и структурного шума. Например, вентиляционные установки создают сильный воздушный шум. Если не принять соответствующие меры, этот шум распространяется вместе с потоком воздуха по вентиляционным каналам и через вентиляционные решетки проникает в комнаты. Кроме того, вентиляторы, как и другое механическое

оборудование, в результате вибрации вызывают интенсивные звуковые колебания в перекрытиях и стенах зданий. Эти колебания в виде структурного шума легко распространяются по конструкциям зданий и проникают даже в далеко расположенные от источников шума помещения. Если оборудование установлено без соответствующих звуко- и виброизолирующих приспособлений, в подвальных помещениях, фундаментах образуются колебания звуковых частот, передающиеся по стенам зданий и распространяющиеся по ним, создавая шум в квартирах.

В многоэтажных зданиях источником шума могут быть лифтовые установки. Шум возникает во время работы лебедки лифта, движения кабины, от ударов и толчков башмаков по направляющим, клацанья поэтажных выключателей и, особенно, от ударов раздвижных дверей шахты и кабины. Этот шум распространяется не только по воздуху в шахте и лестничной клетке, но, главным образом, по конструкциям зданий вследствие жесткого крепления шахты лифта к стенам и перекрытиям.

Уровень шума, проникающего в помещения жилых и общественных зданий от работы санитарно-технического и инженерного оборудования, в основном зависит от эффективности мероприятий по шумоглушению, которые применяют в процессе монтажа и эксплуатации.

Уровень бытовых шумов приведен в табл. 94. Практически уровень звука в жилых комнатах от различных источников шума может достигать значительной величины, хотя в среднем он редко превышает 80 дБА.

Наиболее распространенным источником городского (внешнего) шума является транспорт: грузовые автомашины, автобусы, троллейбусы, трамваи, а также железнодорожный транспорт и самолеты гражданской авиации. Жалобы населения на шум транспорта составляют 60% всех жалоб на городской шум.

Современные города перегружены транспортом. На отдельных участках городских и районных магистралей транспортные потоки достигают 8000 единиц в 1 ч. Наибольшая транспортная нагрузка приходится на улицы административно-культурных центров городов и магистралей, связывающих жилые районы

с промышленными узлами. В городах с развитой промышленностью и городах-новостройках значительное место в транспортном потоке занимает грузовой транспорт (до 63—89%). При нерациональной организации транспортной сети транзитный грузовой поток проходит через жилые районы, места отдыха, создавая на прилегающей территории высокий уровень шума.

Анализ карт шума в городах Украины показал, что большинство городских магистральных улиц районного значения по уровням шума относятся к классу 70 дБА, а городского значения — 75—80 дБА.

ТАБЛИЦА 94
Эквивалентные уровни звука
от различных источников шума
в квартирах, дБА

Источник звука	Уровень звука
Радиомузыка	83
Радиовещание	70
Разговорная речь	66
Пылесос	75
Стиральная машина	68
Холодильник	42
Игра на пианино	80
Электрополотер	83
Электробритва	60
Детский плач	78

Эквивалентные уровни звука городских улиц
при плотности уличной сети 3 км/км², дБА

Количество населения, тыс.	Эквивалентные уровни звука		
	при среднем потоке автомобилей	на наиболее загруженных участках	на магистралях в час пик
50	74,0—69,0	74,5—71,0	76,0—72,0
100	75,0—71,0	75,5—72,0	76,5—73,0
250	76,5—71,0	77,0—73,0	78,5—73,5
500	77,5—71,5	78,5—73,5	80,0—74,0
750	78,0—72,0	79,5—74,0	80,5—75,0
1000	78,5—72,0	80,0—74,5	81,0—75,0
2500	79,0—72,5	81,0—71,5	82,0—76,0
5000	81,0—72,5	82,0—76,0	84,0—77,5
7500	81,5—74,5	83,5—78,0	85,5—79,0
10 000	82,0—75,0	83,5—78,5	86,0—79,5
Средние показатели	77,8—71,7	79,0—74,1	80,44—75,05

В городах с населением более 1 млн человек на некоторых магистральных улицах уровень звука составляют 83—85 дБА. СНиП II-12-77 допускают уровень шума на фасадах жилых зданий, выходящих на магистральную улицу, равный 65 дБА. Принимая во внимание тот факт, что звукоизоляция окна с открытой форточкой или фрамугой не превышает 10 дБА, вполне понятно, что шум превышает допустимые показатели на 10—20 дБА. На территории микрорайонов, мест отдыха, в зонах лечебных и вузовских городков уровень акустического загрязнения превышает нормативный на 27—29 дБА. Транспортный шум на примамгистральной территории стойко сохраняется в течение 16—18 ч/сут, движение затихает лишь на короткий период — с 2 до 4 ч. Уровень транспортного шума зависит от величины города, его народнохозяйственного значения, насыщения индивидуальным транспортом, системы общественного транспорта, плотности улично-дорожной сети.

С ростом количества населения коэффициент акустического дискомфорта возрос с 21 до 61%. Среднестатистический город Украины имеет площадь акустического дискомфорта примерно 40% и приравнивается к городу с населением 750 тыс. человек. В общем балансе акустического режима удельный вес шума автотранспорта составляет 54,8—85,5%. Зоны акустического дискомфорта увеличиваются в 2—2,5 раза при увеличении плотности улично-дорожной сети (табл. 95).

На шумовой режим, особенно больших городов, значительно влияют шумы железнодорожного транспорта, трамваев и открытых линий метрополитена. Источниками шума во многих городах и пригородных зонах являются не только железнодорожные вводы, но и железнодорожные станции, вокзалы, тягловое и путевое хозяйства с операциями погрузки и разгрузки, подъездные дороги, депо и т. п. Уровень звука на прилегающих к таким объектам территориях может достигать 85 дБА и более. Анализ шумового режима жилой застройки, размещенной вблизи железнодорожных путей Крыма, показал, что на

этих территориях акустические показатели шумового режима выше допустимых на 8—27 дБ А днем и 33 дБА ночью. Вдоль железнодорожных путей образуются коридоры акустического дискомфорта шириной 1000 м и более. Средний уровень шума громкоговорящей связи на станциях на расстоянии 20—300 м достигает 60 дБА, а максимальный — 70 дБА. Эти показатели высокие и вблизи сортировочных станций.

В крупных городах все большее распространение приобретают линии метрополитена, в том числе открытые. На открытых участках метрополитена уровень звука от поездов составляет 85—88 дБА на расстоянии 7,5 м от пути. Почти такие же уровни звука характерны и для городского трамвая. Акустический дискомфорт от рельсового транспорта дополняется вибрацией, которая передается конструкциям жилых и общественных зданий.

Шумовой режим многих городов в значительной мере зависит от расположения аэропортов гражданской авиации. Использование мощных самолетов и вертолетов в сочетании с резким повышением интенсивности воздушных перевозок привело к тому, что проблема авиационного шума во многих странах стала чуть ли не главной проблемой гражданской авиации. Установлено, что авиационный шум в радиусе до 10—20 км от взлетно-посадочной полосы неблагоприятно влияет на самочувствие населения.

ТАБЛИЦА 96
Шумовые характеристики
транспортного потока

Категория улиц и дорог	Количество полос движения в обоих направлениях	Эквивалентные уровни звука ($L_{\text{А экв}}$)» ДБА
Скоростные дороги	6	86
Магистральные улицы и дороги:		
общегородского значения	8	87
с непрерывным движением	6	84
с регулируемым движением	8	85
с регулируемым движением	4	81
районного значения	6	82
	4	81
	6	82
Дороги для движения грузового транспорта	2	79
	4	81
Улицы и дороги местного значения:		
улицы	2	73
	4	75
дороги промышленных и коммунально-складских районов	2	79

Шумовой характеристикой потока наземных транспортных средств является эквивалентный уровень звука ($L_{\text{А экв}}$) на расстоянии 7,5 м от оси первой полосы (колеи) движения. Характеристики транспортных потоков на улицах и дорогах различного назначения в часы пик приведены в табл. 96.

По спектральному составу транспортный шум может быть низко- и среднечастотным и способен распространяться на значительное расстояние от источника. Уровень его зависит от интенсивности, скорости, характера (состава) транспортного потока и качества покрытия магистралей.

Акустические исследования в естественных условиях позволили установить основные зависимости между условиями движения транспорта и уровнем шума от транспортных магистралей города. Имеются данные о влиянии на уро-

вень шума удельного веса в потоке экипажей с дизельным двигателем, ширины распределительной полосы, наличия трамваев, продольных уклонов и т. п. Это позволяет сегодня определять расчетным методом уровни ожидаемого шума улично-дорожной сети города на перспективу и строить шумовые карты городов.

Значение железнодорожного транспорта в пригородных и междугородных перевозках населения возрастает с каждым годом ввиду быстрого развития пригородных зон с городами-спутниками, рабочими и дачными поселками, крупными промышленными, сельскохозяйственными предприятиями, аэропортами, научными и учебными учреждениями, зонами отдыха, спорта и т. д. Шум возникает во время движения поездов и обработки их на сортировочных станциях. Шум поезда состоит из шума двигателей локомотива и колесных систем вагонов. Наибольший шум во время работы тепловозов возникает возле выхлопной трубы и двигателя (100—110 дБА).

Уровень звука, создаваемый пассажирскими, грузовыми и электропоездами зависит от их скорости. Так, при скорости 50—60 км/ч уровень звука составляет 90—93 дБА. Спектральные составляющие и уровни зависят от типов и технического состояния поездов, оборудования путей. Спектры шума от колес поездов имеют среднечастотный характер. Шумовые характеристики объектов железнодорожного транспорта на расстоянии 7,5 м от их границ приведены в табл. 97.

Промышленные предприятия и их оборудование часто являются источниками значительного внешнего шума на прилегающей селитебной территории.

Источниками шума на промышленных предприятиях являются технологическое, вспомогательное оборудование и системы вентиляции. Ориентировочные уровни внешнего шума от некоторых промышленных предприятий приведены в табл. 98.

Создаваемый предприятием шум в значительной мере зависит от эффективности мероприятий по шумоглушению. Так, даже большие вентиляционные установки, компрессорные станции, различные мотороиспытательные стенды могут быть оборудованы шумоглушающими устройствами. Предприятия необходимо ограждать наружными звукоизолирующими экранами. Это уменьшает интенсивность шума, который распространяется на прилегающую территорию. Но следует помнить, что

ТАБЛИЦА 97
Уровень шума от объектов
железнодорожного транспорта, дБА

Объект	Уровень звука
Сортировочные и грузовые станции:	
крупные	101
районные	94
Погрузочные дворы	95
Локомотивные и вагонные депо	90
Реостатные испытания локомотивов	100

Предприятие	Уровень звука
Предприятия машиностроения	До 80
Металлургические заводы	90—100
Ткацкие цеха	До 90
Компрессорные станции	90—100
Газотурбинные энергетические установки	100—110
Кузнечно-штамповочные цеха	100—110

ТАБЛИЦА 99
Характеристика внутриквартирных
источников шума, дБ А

Источник	Эквивалентный уровень звука
Работа мусороуборочной машины	71
Разгрузка товаров и загрузка тары	70
Игра детей	74
Купание детей в бассейнах	76
Спортивные игры:	
футбол	75
волейбол	74
баскетбол	66
теннис	61
настольный теннис	58
городки	71

звукоизолирующие экраны (ограждения) усиливают шум на территории самого предприятия или магистрали.

При решении вопроса о защите населения от шума необходимо учитывать также внутриквартирные его источники. Шумовые характеристики этих источников в эквивалентных уровнях звука (дБА) на расстоянии 1 м от границ хозяйственных дворов, предприятий торговли, общественного питания и бытового обслуживания, физкультурных площадок и спортивных сооружений приведены в табл. 99.

Влияние шума на организм человека. Человек живет среди различных звуков и шумов. Часть из них является полезными сигналами, дающими возможность общаться, правильно ориентироваться в окружающей среде, принимать участие в трудовом процессе и т. п. Другие мешают, раздражают и даже могут повредить здоровью.

Издавна известно благоприятное влияние на организм человека шумов природной среды (лишья, дождя, реки и др.). Статистика свидетельствует о том, что у людей, работающих в лесу, у реки, на море, реже, чем у жителей городов, встречаются заболевания нервной и сердечно-сосудистой системы. Установлено, что шелест лишья, пение птиц, журчание ручья, звуки дождя оздоравливают нервную систему. Под влиянием звуков, издаваемых водопадом, усиливается работа мышц.

О положительном влиянии гармоничной музыки было известно с давних времен. Вспомним распространенные во всем мире колыбельные (тихие нежные монотонные напевы), снятие нервного стресса журчанием ручьев, ласковым шумом морских волн или птичьим пением. Известно также и отрицательное действие звука. Одним из тяжелых наказаний в средневековье было воздействие звуками от ударов могучего колокола, когда обреченный умирал в страшных муках от нестерпимой боли в ушах.

Это и определяет теоретическое и практическое значение изучения характера влияния шума на организм человека. Основной целью исследований является выявление порога неблагоприятного влияния шума и обоснование гигиенических нормативов для различных контингентов населения, разных условий и мест пребывания человека (жилые, общественные здания, производственные помещения, детские и лечебно-профилактические учреждения, территории жилых районов и мест отдыха).

Значительный теоретический интерес представляет изучение патогенеза и механизма действия шума, *процессов адаптации организма и отдаленных по-*

следствий при длительном влиянии шумов. Исследования проводят обычно в экспериментальных условиях. Изучить характер влияния шума на человека сложно, так как процессы взаимодействия физических и химических факторов окружающей среды с его организмом также сложны. Индивидуальная чувствительность к шуму различных возрастно-половых и социальных групп населения также неодинаковая.

Реакция человека на шум зависит от того, какие процессы преобладают в центральной нервной системе — возбуждение или торможение. Многие звуковые сигналы, поступающие в кору большого мозга, вызывают беспокойство, страх, преждевременное утомление. В свою очередь, это может неблагоприятно отразиться на состоянии здоровья. Диапазон влияния шума на человека широкий: от субъективного ощущения до объективных патологических изменений в органе слуха, центральной нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной, пищеварительной системах и др. Следовательно шум действует на жизненно важные органы и системы.

Можно выделить такие категории влияния чувствительной акустической энергии на человека:

- 1) влияние на слуховую функцию, обуславливающую слуховую адаптацию, слуховое утомление, временную или постоянную потерю слуха;
- 2) нарушение способности передавать и воспринимать звуки речевого общения;
- 3) раздражительность, беспокойство, нарушение сна;
- 4) изменение физиологических реакций человека на стрессовые сигналы и сигналы, не являющиеся специфическими для шумового влияния;
- 5) влияние на психическое и соматическое здоровье;
- 6) влияние на производственную деятельность, умственный труд.

Городской шум воспринимается прежде всего субъективно. Первым показателем неблагоприятного его действия являются жалобы на раздражительность, беспокойство, нарушение сна. В появлении жалоб уровень шума и фактор времени имеют решающее значение, но степень неприятных ощущений зависит и от того, в какой мере шум превышает обычный уровень. Значительную роль в возникновении у человека неприятных ощущений играют его отношение к источнику шума, а также заложенная в шуме информация.

Таким образом, субъективное восприятие шума зависит от физической структуры шума и психофизиологических особенностей человека. Реакции на шум у населения неоднородна. Сверхчувствительны к шуму 30% людей, имеют нормальную чувствительность — 60%, нечувствительны — 10%.

На степень психологического и физиологического восприятия акустического стресса влияют тип высшей нервной деятельности, индивидуальный биоритмический профиль, характер сна, уровень физической активности, количество стрессовых ситуаций в течение суток, степень нервного и физического перенапряжения, а также курение и алкоголь.

Приводим результаты социологических исследований по оценке действия шума, проведенные сотрудниками Института гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины. Опрос 1500 жителей шумных улиц

ТАБЛИЦА 100
Реакции населения на шум

Показатель влияния нежелательного шума	Процент жалоб при уровнях зву- ка (дБА) на при- легающих к до- мам территориях	
	72	56
Шум беспокоит	97	37
Физическое состояние не нару- шено	30	63
Прием седативных средств	43	23
Обращение к врачу с жалобами психогенного характера	30	3
Мешает разговаривать по теле- фону	80	3
Мешает чтению	70	10
Невозможно открыть окна в квартирах	93	17

($L_{A\text{экв}} = 74 - 81$ дБА) показал, что 75,9% жаловались на шум транспортного происхождения, 22% — на шум промышленных предприятий, 21% — на бытовой шум. У 37,5% опрошенных шум вызывал беспокойство, у 22% — раздражение и лишь 23% опрошенных — не жаловались на него. При этом больше всего страдали те, у кого было поражение нервной, сердечно-сосудистой систем и органов пищеварения. Постоянное проживание в таких условиях может стать причиной язвенной болезни желудка, гастрита из-за нарушения секреторной и моторной функций желудка и кишечника.

Реакция населения на шум приведена в табл. 100. >

В районах с высоким уровнем шума большинство жителей отмечают ухудшение самочувствия, чаще обращаются к врачу, принимают седативные средства. Во время опроса 622 жителя тихих улиц ($L_{A\text{экв}} = 60$ дБА) жаловались на шум автотранспорта 12%, на бытовой шум — 7,6%, на шум промышленного происхождения — 8%, на авиационный и железнодорожный шум — 2,8%.

Установлена прямая зависимость количества жалоб населения от уровня звука на примастриальной территории. Так, при эквивалентном уровне звука 75—80 дБА зарегистрировано более 85% жалоб, 65—70 дБА — 64—70%. При уровне звука 60—65 дБА почти половина опрошенных жаловались на шум, 55 дБА — третья часть населения ощущала беспокойство, и лишь при уровне шума 50 дБА жалоб практически не было (5%). Два последних уровня являются приемлемыми для территорий жилой застройки. Нарушается сон обычно при уровне звука более 35 дБА. Реакция населения на транспортный шум практически не зависит от пола, возраста и профессии.

В современных городских условиях слуховой анализатор человека вынужден работать с большим напряжением на фоне транспортного и жилищно-бытового шума, который маскирует полезные звуковые сигналы. Поэтому нужно определить возможности приспособления органа слуха, с одной стороны, и безопасные уровни шума, действие которых не нарушает его функций, — с другой.

Пороги слухового ощущения характеризуют чувствительность. Их определяют на чистых тонах в диапазоне частот от 63 до 8000 Гц методом тональной аудиометрии в соответствии с ГОСТом "Шум. Методы определения потери слуха человека". Самая высокая чувствительность уха к звукам в диапазоне частот 1000—4000 Гц. Она быстро снижается при отдалении в обе стороны от зоны наибольшей чувствительности. В диапазоне частот 200—1000 Гц по-

роговая сила звука в 1000 раз больше, чем" в диапазоне частот 1000—4000 Гц. Чем выше тональность звука или шума, тем сильнее его неблагоприятное действие на орган слуха.

Звуковые волны при соответствующей интенсивности и частоте являются специфическими раздражителями для органа слуха. При достаточно высоком уровне шума и непродолжительном его влиянии наблюдается снижение слышимости, что приводит к временному повышению ее порога. Со временем она может восстановиться. Длительное влияние звука высокой интенсивности может обусловить невозвратимую потерю слуха (тугоухость), которую обычно характеризуют величиной постоянного смещения порога чувствительности.

Транспортный шум существенно влияет на функциональное состояние слухового анализатора. Так, в звукоизолирующей камере при двухчасовой экспозиции даже относительно невысокий уровень звука (65 дБА) приводит к потере слуха более 10 дБ на низких частотах, что отвечает низкочастотному спектру транспортного шума. Уровень шума 80 дБА снижает слуховую чувствительность на 1—25 дБА в широкой области низких, средних и высоких частот, что можно расценивать как усталость органа слуха.

Огромное значение для общения людей имеет вторая сигнальная система, связанная со словесной сигнализацией, речью. В городских жилых домах, расположенных вдоль магистралей, население часто жалуется на плохое восприятие речи, что объясняется маскировкой отдельных звуков речи транспортным шумом. Установлено, что шум нарушает разборчивость речи, особенно если его уровень превышает 70 дБА. При этом человек не разбирает от 20 до 50% слов.

Шум через проводящие пути звукового анализатора влияет на различные центры головного мозга, изменяет взаимоотношения процессов высшей нервной деятельности, нарушает равновесие процессов возбуждения и торможения. При этом изменяются рефлекторные реакции, выявляются патологические фазовые состояния. Продолжительное действие шума активизирует структуры ретикулярной формации, в результате чего происходит стойкое нарушение деятельности разных систем организма.

Для изучения функционального состояния центральной нервной системы широко используют метод определения скрытого (латентного) времени рефлекторной реакции — хронорефлексометрию. Латентное время в тихой квартире (40 дБА) у группы людей в спокойном состоянии на световой раздражитель составляет в среднем 158 мс, на звуковой — 153 мс; во время отдыха на территории микрорайона в шумных условиях оно увеличивалось на 30—50 мс. Критерием сдвига является превышение времени реакции на 10 мс. Таким образом, транспортный шум вызывает процессы торможения в коре большого мозга, что отрицательно влияет на поведение человека, условно-рефлекторную деятельность.

Важными показателями функционального состояния центральной нервной системы при воздействии различных факторов среды являются способность к концентрации внимания и умственная работоспособность. Доказано, что нарушение состояния центральной нервной системы под воздействием шума при-

водит к снижению внимания и работоспособности, особенно умственной. При уровне шума свыше 60 дБА уменьшаются скорость перенесения информации, объем кратковременной памяти, количественные и качественные показатели умственной работоспособности, изменяется реакция на различные жизненные ситуации.

Особого внимания заслуживают результаты исследования влияния шума на сердечно-сосудистую систему. Под его воздействием ускоряется или замедляется пульс, повышается или снижается артериальное давление, изменяется ЭКГ, плетизмо- и реоэнцефалограмма. В лабораторных условиях после двухчасового действия интенсивного транспортного шума (80—90 дБА) выявлены заметное уменьшение ЧСС за счет удлинения сердечного цикла и характерное изменение отдельных показателей ЭКГ. Колебания артериального давления достигают 20—30 мм рт. ст. Изменения ЧСС, выявленные методом вариационной пульсометрии после двухчасовой экспозиции шума от полетов и испытания двигателей самолетов с высоким уровнем звука (до 90 дБА), характеризовались как ваготонические.

Под воздействием шума от летящего самолета возрастает сопротивление периферическому кровотоку (на 23%), изменяются показатели мозгового кровообращения. С помощью реоэнцефалографии выявлены повышение тонуса и снижение наполнения кровью сосудов головного мозга. Исходя из этого, можно высказать предположение о возможной роли транспортного шума в развитии сердечно-сосудистых заболеваний у жителей больших городов.

Шум является одним из раздражителей в ночное время: он нарушает сон и отдых. Под его влиянием человек плохо засыпает, часто просыпается. Сон поверхностный, прерывистый. После такого сна человек не чувствует себя отдохнувшим. Изучение характера сна у жителей домов, расположенных на улицах с разными уровнями шума, свидетельствует, что сон резко нарушается при уровне звука 40 дБА, а если он составляет 50 дБА, период засыпания увеличивается до 1 ч, продолжительность глубокого сна сокращается до 60%. У жителей тихих районов сон нормальный, если уровень шума не превышает 30—35 дБА. При этом период засыпания в среднем составляет 14—20 мин, глубина сна — 82% (табл. 101).

Отсутствие нормального отдыха после трудового дня приводит к тому, что усталость не исчезает, а постепенно переходит в хроническую, что способствует развитию гипертонической болезни, заболеваний центральной нервной системы и др.

ТАБЛИЦА 101

Показатели сна в зависимости от шумовых условий

Уровень звука, дБА	Продолжительность засыпания, мин	Максимальная продолжительность спокойных интервалов, мин	Отношение продолжительности спокойного сна к его общей продолжительности, %	Коэффициент активности
35	14—20	95—150	70—82	0,05—0,09
40	25—30	65—77	63—66	0,09—0,18
50	47—63	61—73	58—62	0,14—0,35

В некоторых странах установлена прямая зависимость между ростом шума в городах и увеличением количества лиц с болезнями нервной системы. Французские ученые считают, что за последние 4 года повышение уровня шума способствовало увеличению количества случаев невроза в Париже с 50 до 70%.

Городской шум играет определенную роль в патогенезе гипертонической болезни. Эти данные подтвердились во время изучения заболеваемости женщин (домашних хозяек) в городах Украины. Существует зависимость между поражением центральной нервной и сердечно-сосудистой системы, уровнями шума и длительностью проживания в шумных городских условиях. Так, общая заболеваемость населения возрастает после 10 лет проживания в условиях постоянного влияния шума силой 70 дБА и более.

Влияние шума усиливается, если человек испытывает его суммарное воздействие на работе и в быту.

При участии различных специалистов было проведено массовое комплексное исследование состояния здоровья служащих проектных институтов, проживающих и работающих в домах, расположенных вдоль магистралей с интенсивным движением транспорта. Установлено, что уровень звука в квартирах и на рабочих местах составлял 62—77 дБА. В контрольную группу входили лица, проживавшие в квартирах с уровнем звука, отвечающим нормативным требованиям (36—43 дБА). Во время опроса у 60—80% жителей опытного района выявлено сильное раздражающее действие шума, (в контроле — 9%). Наблюдаются изменения порога слуховой чувствительности у лиц, проживавших в шумном районе, по сравнению с показателями у лиц контрольного района: на частотах 250—4000 Гц разница составляла 8—19 дБ.

При анализе аудиограмм лиц, проживавших в шумном районе 10 лет и более, отмечена разница в 5—7 дБ на всех частотах. Характерны также функциональные нарушения центральной нервной системы, о чем свидетельствует изменение скрытого времени условнорефлекторной реакции на звуковой (18—38 мс) и световой (18—27 мс) раздражители. Выявлена тенденция к увеличению количества больных с вегетососудистой дистонией, гипертонической болезнью, атеросклерозом сосудов головного мозга с функциональными нарушениями центральной нервной системы, астеническим синдромом, а также повышению содержания холестерина в крови.

Изучали последствия длительного воздействия авиационного шума высоких уровней на работе и в домашних условиях. Установлено повышение риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, как по данным функционального состояния кровеносной системы, так и по результатам изучения заболеваемости с временной потерей трудоспособности (количество случаев и дней). Деятельность сердечно-сосудистой системы обычно нарушается раньше, чем слух. При высоком уровне шумовой нагрузки на работе возрастала заболеваемость органов пищеварения, в частности язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.

Следовательно, городской шум можно считать фактором риска возникновения гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда.

Все расстройства, возникающие под влиянием сочетанного воздействия производственного, транспортного и жилищно-бытового шума, составляют симптомокомплекс шумовой болезни.

Гигиеническое нормирование уровней шума. Для устранения неблагоприятного влияния шума на здоровье человека решающее значение имеют санитарно-гигиенические нормативы допустимых уровней звука, поскольку они определяют разработку тех или иных мероприятий по борьбе с шумом в городах.

Цель гигиенического нормирования — профилактика функциональных расстройств и заболеваний, чрезмерной утомляемости и снижения трудоспособности при кратковременном или длительном воздействии шума. Главный принцип регламентации шума в нашей стране — медико-биологическое обоснование норм путем проведения лабораторных и натурных исследований в естественных условиях влияния шума на различные возрастные и профессиональные группы населения, а не технико-экономическое обоснование, как это наблюдается в некоторых странах. В результате многочисленных и разносторонних исследований были определены недействующие и пороговые уровни шума, которые легли в основу нормирования.

Допустимым считается такой уровень шума, при длительном воздействии которого не происходит отрицательных изменений в физиологических реакциях, наиболее чувствительных и адекватных шуму, и в субъективном самочувствии. "Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки" (№ 3077-84) регламентируют допустимые параметры шума для различных мест пребывания человека в зависимости от основных физиологических процессов, свойственных определенному виду деятельности человека в данных условиях. Так, ведущие физиологические процессы в жилых комнатах днем связаны с активным отдыхом, домашней работой, просмотром и прослушиванием теле- и радиопередач, в спальнях — со сном, в классах, аудиториях — с учебным процессом, речевым общением, в читальных залах — с умственным трудом, в лечебно-профилактических учреждениях — с восстановлением здоровья, отдыхом и т. д.

Нормированными параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц и уровень звука (дБА).

Нормированными параметрами непостоянного шума являются эквивалентные по энергии ($L_{А экв}$, дБА) и максимальные ($L_{А макс}$, дБА) уровни звука. В табл. 102 приведены нормативные уровни шума в разных помещениях зданий и на территориях застройки.

Для определения допустимых уровней звукового давления в октавных полосах частот, уровней звука или эквивалентных уровней звука в зависимости от месторасположения объекта, характера шума, проникающего в помещение или на территорию, в нормативные уровни шума вносят поправки (табл. 103). Оценку непостоянного шума на (соответствие допустимым уровням) следует проводить одновременно по эквивалентным и максимальным уровням звука. При этом $L_{А макс}$ не должно превышать $L_{А экв}$ более чем на 15 дБА.

ТАБЛИЦА 102

Нормативные уровни шума

Помещения и территории	Период суток	Уровень звукового давления (L, дБ) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц						Уровень звука (L _A) и эквива- лентный уро- вень звука (L _{Aeq}), дБА	Максималь- ный уровень звука (L _{Amax}), дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Палаты больниц и санаториев, операционные	С 7.00 до 23.00	59	48	40	34	30	27	25	23
	С 23.00 до 7.00	51	39	31	24	20	17	14	13
		59	48	40	34	30	27	25	23
Кабинеты врачей поликлиник, амбулаторий, диспансеров, больниц, санаториев		63	52	45	39	35	32	30	28
Классные комнаты, учебные кабинеты, комнаты для учите- лей, аудитории, конференц-за- лы, читальные залы									
Жилые комнаты квартир, жи- лые помещения домов отдыха, пансионатов, дома-интернаты для людей пожилого возраста и инвалидов, спальные поме- щения в детских дошкольных заведениях и школах-интер- натах	С 7.00 до 23.00	63	52	45	39	35	32	30	28
	С 23.00 до 7.00	55	44	35	29	25	22	20	18
Номера гостиниц, жилые ком- наты в общежитиях	С 7.00 до 23.00	67	57	49	44	40	37	35	33
	С 23.00 до 7.00	59	48	40	34	30	27	25	23
Залы кафе, ресторанов, столовых		75	66	59	54	50	47	45	43
Торговые залы магазинов, пас- сажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятия бытового обслу- живания	79	70	63	58	55	52	50	49	

Продолжение табл. 102

Помещения и территории	Период суток	Уровень звукового давления (L, дБ) в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							Уровень звука (L _A) и эквива- лентный уровень звуча (L _{Aeq}), дБА	Максималь- ный уровень звуча (L _{Amax}), дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Территории, прилегающие к больницам и санаториям	С 7.00 до 23.00	67	57	49	44	40	37	35	33	60
	С 23.00 до 7.00	59	48	40	34	30	27	25	23	50
	С 7.00 до 23.00	75	66	59	54	50	47	45	43	70
	С 23.00 до 7.00	67	57	49	44	40	37	35	33	60
Территории, прилегающие к жилым домам, поликлиникам, амбулаториям, диспансерам, домам отдыха, пансионатам, домам-интернатам для людей пожилого возраста и инвали- дов, детским дошкольным за- ведениям, школам и библио- текам и т. д.	С 7.00 до 23.00	79	70	63	58	55	52	50	49	75
	С 23.00 до 7.00	71	61	54	49	45	42	40	38	65
	С 7.00 до 23.00	59	48	40	34	30	27	25	23	50
	С 23.00 до 7.00	67	57	49	44	40	37	35	33	60
Территории, прилегающие к гостиницам и общежитиям	С 7.00 до 23.00	79	70	63	58	55	52	50	49	75
	С 23.00 до 7.00	71	61	54	49	45	42	40	38	65
	С 7.00 до 23.00	59	48	40	34	30	27	25	23	50
	С 23.00 до 7.00	67	57	49	44	40	37	35	33	60
Площадки для отдыха на территории больниц и санаториев	С 7.00 до 23.00	79	70	63	58	55	52	50	49	75
	С 23.00 до 7.00	71	61	54	49	45	42	40	38	65
	С 7.00 до 23.00	59	48	40	34	30	27	25	23	50
	С 23.00 до 7.00	67	57	49	44	40	37	35	33	60
Площадки для отдыха на терри- тории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интерна- тов для людей пожилого возра- ста и инвалидов, площадки дет- ских дошкольных заведений, школ и пр.	С 7.00 до 23.00	79	70	63	58	55	52	50	49	75
	С 23.00 до 7.00	71	61	54	49	45	42	40	38	65
	С 7.00 до 23.00	59	48	40	34	30	27	25	23	50
	С 23.00 до 7.00	67	57	49	44	40	37	35	33	60

Поправки к нормативным уровням шума учитываются только для внешних источников шума в жилых помещениях, спальнях и на территории жилой застройки.

Нормы допустимых уровней шума вошли в строительные нормы и правила "Защита от шума" и ГОСТ "Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях". Санитарные нормы допустимого шума позволяют разработать технические, архитектурно-планировочные и административные мероприятия, направленные на создание в городской застройке, зданиях различного назначения такого шумового режима, который отвечает гигиеническим требова-

ниям. Это помогает сохранить здоровье и работоспособность населения.

Задача гигиенистов — дальнейшее совершенствование нормативов с учетом общей шумовой нагрузки, приходящейся на жителей больших городов в быту, на производстве и во время пользования транспортом.

Меры по защите от шума. Для защиты от шума применяют такие меры: устранение причин шумообразования или ослабление шума в источнике возникновения; ослабление шума на пути его распространения и непосредственно в объекте защиты. Для защиты от шума проводят различные мероприятия: технические (ослабление шума в источнике); архитектурно-планировочные (рациональные приемы планировки зданий, территорий застройки); строительно-акустические (ограничение шума на пути распространения); организационные и административные (ограничение или запрет, или регулирование во времени эксплуатации тех или иных источников шума).

Ослабление шума в источнике его возникновения является самым радикальным способом борьбы с ним. Однако эффективность мероприятий по ослаблению шума машин, механизмов и оборудования невысокая и поэтому их нужно разрабатывать на этапе проектирования.

Ослабление шума на пути его распространения обеспечивается комплексом строительно-акустических мероприятий. К ним относятся рациональные планировочные решения (прежде всего удаление источников шума на надлежащее расстояние от объектов), звукоизоляция, звукопоглощение и звукоотражение шума.

Мероприятия по ослаблению шума нужно предусматривать уже на стадии проектирования генеральных планов городов, промышленных предприятий и планировки помещений в отдельных зданиях. Так, недопустимо размещать объекты, требующие защиты от шума (жилые здания, лабораторно-конструкторские корпуса, вычислительные центры, административные здания и т. п.),

Поправки к нормативным октавным уровням звукового давления и уровням звука

Фактор влияния	Поправка, дБ или дБ А
Месторасположение объекта:	
курортный район	-5
проектированный жилой район	0
жилая застройка, расположенная в существующей (сложившейся) застройке	+5
Характер шума:	
широкополосной	0
тональный, импульсный (измеряют стандартным шумомером)	-5
Время суток:	
день — с 7.00 до 23.00	+10
ночь — с 23.00 до 7.00	0

в непосредственной близости от шумных цехов и агрегатов (испытательных боксов авиационных двигателей, газотурбинных установок, компрессорных станций и т. д.). Самые шумные объекты следует объединять в отдельные комплексы. При планировке помещений внутри зданий предусматривают максимально возможное удаление тихих помещений от помещений с интенсивными источниками шума.

Для ослабления шума, проникающего в изолированные помещения, необходимо: применять для перекрытия, стен, перегородок, цельных и остекленных дверей и окон материалы и конструкции, обеспечивающие надлежащую звукоизоляцию; использовать звукопоглощающую облицовку потолка и стен или искусственные звукопоглотители в изолированных помещениях; обеспечивать акустическую виброизоляцию агрегатов, расположенных в том же здании; применять звукоизоляционные и вибродемпфирующие покрытия на поверхности трубопроводов, проходящих в помещении; использовать глушители в системах механической вентиляции и кондиционирования воздуха.

Нормированными параметрами звукоизоляции конструкций, ограждающих жилые помещения, являются индексы изоляции воздушного звука — I_v (дБ) и приведенного уровня ударного звука под перекрытием — I_u (дБ). Звукоизоляционные свойства окон и балконных дверей в каждом случае строительства и реконструкции жилого здания определяют специальными расчетами. Окна должны иметь сертификаты качества, с указанием параметров их звукоизоляционных свойств в закрытом состоянии и при открытых элементах, предназначенных для вентиляции, частотную характеристику и частоту резонанса. Частота резонанса окон не должна превышать 63 Гц. Звукоизоляционные характеристики окон должны обеспечивать уровни звука и звукового давления в жилом помещении в условиях надлежащего обмена воздуха в данном климатическом районе для разных сезонов года.

При выборе звукоизоляционных характеристик междуэтажных и межквартирных перекрытий и перегородок, внутриквартирных перегородок и дверей следует исходить из шумовых характеристик бытовых машин и приборов. По данным Л.А. Андрийчука (2000), акустическая нагрузка на человека в жилой среде от бытовых электрических машин и приборов не должна превышать предельно допустимого уровня (17 мкПа/ч в сутки). Ее рассчитывают по формуле:

$$D = 4 \cdot 10^{-10} \cdot I_0^{0.1} \cdot t,$$

где L_A — эквивалентный уровень звука (дБА), t — продолжительность воздействия шума.

Гигиенической регламентацией шума бытовых электрических машин и приборов предусмотрено, чтобы эквивалентные уровни звука для приборов кратковременной эксплуатации (до 20 мин) не превышали 52 дБА, длительной (до 8 ч) — 39 дБА, очень длительной (8—24 ч) — 30 дБА. Хотя эксплуатация бытовых электрических машин и приборов с уровнями скорректированной звуковой мощности более 81 дБА с гигиенических позиций является недопустимой, при выборе звукоизоляционных элементов для жилых зданий нужно ориентироваться на технически достижимые уровни шума от бытовой техники.

Уровни звука и звукового давления от бытовых электрических машин и приборов нужно рассчитывать для агравированных условий шумообразования с учетом объема помещения, пространственного угла излучения, расстояния, акустических характеристик ограждающих элементов помещения и т. п. Акустические характеристики вспомогательных и жилых помещений жилого здания должны быть такими, чтобы при регламентированном использовании бытовой техники не создавать шума, который может отрицательно влиять не только на оператора, но и на других жителей квартиры и здания.

В жилых зданиях и общежитиях нельзя размещать котельные и насосные, встроенные и пристроенные к ним трансформаторные подстанции, автоматические телефонные станции, административные учреждения городского и районного назначения, лечебные учреждения (кроме женских консультаций и стоматологических поликлиник), столовые, кафе и другие предприятия общественного питания с количеством посадочных мест более 50, домовые кухни продуктивностью свыше 500 обедов в день, магазины, мастерские, пункты по приему посуды и другие нежилые помещения, в которых могут возникать вибрация и шум.

Машинное помещение лифтов недопустимо располагать непосредственно над и под жилыми помещениями, а также рядом с ними. Шахты лифтов не должны прилегать к стенам жилых комнат. Кухни, ванные, санузлы следует объединять в отдельные блоки, прилегающие к стенам лестничных клеток или к таким же блокам соседних помещений, и отделять от жилых помещений коридором, тамбуром или холлом.

Запрещены монтаж трубопроводов и санитарных приборов на ограждающих конструкциях жилых комнат, а также размещение рядом с ними ванных комнат и канализационных стояков.

Во всех общественных, а иногда и в жилых зданиях применяют вентиляционные системы, иногда — системы кондиционирования воздуха и воздушного *отопления с механическим оборудованием, могут создавать* значительный шум.

Для снижения уровней звукового давления воздушного шума используют следующие мероприятия:

а) снижение уровня звуковой мощности источников шума. Этого достигают при помощи совершенных с акустической точки зрения вентиляторов и концевых приспособлений, используя рациональный режим их работы;

б) снижение уровня звуковой мощности по пути распространения звука путем оборудования глушителей, рациональной планировки зданий, применения звукоизоляционных конструкций с повышенной звукоизоляцией (стены, перекрытия, окна, двери) и звукопоглощающих конструкций в помещениях с источниками шума;

в) изменение акустических свойств помещения, в котором расположена расчетная точка, путем увеличения звукопоглощения (применение звукопоглощающего покрытия и искусственных звукопоглотителей).

Для ослабления шума, распространяющегося по каналам систем вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, следует использовать

специальные глушители (трубчатые, сотовые, пластинчатые и камерные со звукопоглощающим материалом), а также облицованные изнутри звукопоглощающим материалом воздуховоды и сгоны. Тип и размер глушителя выбирают в зависимости от необходимого уровня шума, допустимой скорости потока воздуха

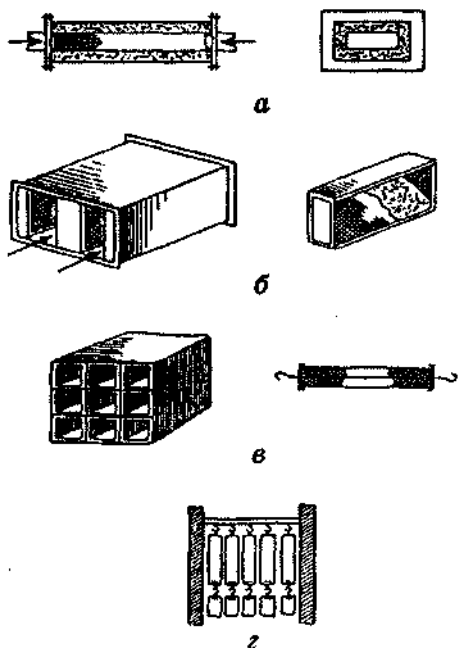


Рис. 102. Вентиляционные глушители (схемы):

а — трубчатый; б — пластинчатый; в — сотовый; г — цилиндрический

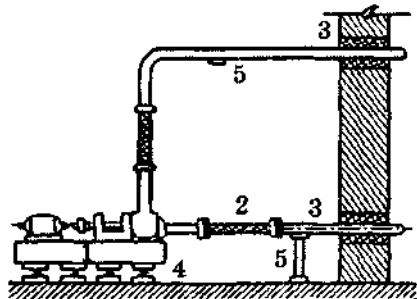


Рис. 103. Виброизоляция насосной установки:

1 — железобетонная плита основания; 2 — гибкие вставки; 3 — виброизоляция трубопровода; 4 — виброизоляторы; 5 — стояк с пружинной прокладкой

и местных условий. Схемы таких конструкций приведены на рис. 102. Трубчатые глушители применяют при размерах воздуховодов до 500 x 500 мм. При больших размерах воздуховодов целесообразно использовать пластинчатые или камерные глушители. Ослабление структурного шума, обусловленного работой вентиляторов, достигают виброизоляцией вентилятора и установкой гибких брезентовых вставок между вентилятором и подходящим к нему воздуховодом.

Источниками шума в системах водопровода, канализации и отопления в зданиях являются насосные агрегаты, различная аппаратура, в том числе санитарно-технические приборы и сам трубопровод. При этом создается как воздушный шум, проникающий непосредственно в помещение, где установлен источник шума, так и структурный, распространяющийся от источника шума по трубопроводу и ограждающим конструкциям. Ослабить воздушный шум, создаваемый насосами, можно посредством выбора наиболее совершенных конструкций насосов, статической и динамической балансировки оборудования или же путем монтажа насосов в кожух соответствующих конструкций. Ослабления структурного шума достигают с помощью установок между бетонным основанием и насосом виброизоляторов, изоляции насосных агрегатов, которые подходят к трубопроводу, предусмотрев гибкие вставки. Схема виброизоляции насоса приведена на рис. 103.

Звукоизоляцией помещений от воздушного шума называют ослабление звуковой энергии в процессе передачи

ее через ограждение. Чаще всего звукоизоляционными ограждениями являются стены, перегородки, окна, двери, перекрытия.

Звукоизоляционная способность однослойных ограждений зависит от многих факторов, но в первую очередь — от их массы. Для обеспечения высокой звукоизоляции такие ограждения должны иметь большую массу.

Звукоизоляцией от ударного шума называют способность перекрытия к ослаблению шума в помещении под перекрытием во время его усиления вызванного хождением, перестановкой мебели и т. п. Для обеспечения нормативной звукоизоляции от воздушного шума однослойных межквартирных ограждающих конструкций в жилых зданиях их поверхностная масса должна составлять не менее 400 кг/м^2 . Для уменьшения массы звукоизолирующих ограждений при обеспечении нормативной звукоизоляции от воздушного шума нужно применять двойные с воздушной прослойкой и многослойные ограждения, конструкции.

В настоящее время многослойные конструкции применяют в строительной практике все чаще. В ряде случаев они дают возможность получить значительную дополнительную изоляцию по сравнению с однослойными конструкциями такой же массы (до 12—15 дБ).

В перекрытиях для обеспечения нормативной изоляции ударного и воздушного шума делают пол на упругой основе (плавающий пол) или используют мягкие рулонные покрытия. Стыки между внутренними ограждающими конструкциями, а также между ними и другими примыкающими конструкциями должны быть оборудованы таким образом, чтобы в процессе эксплуатации не возникали трещины и щели, ослабляющие изоляцию (рис. 104).

Для повышения звукоизоляции применяют также двойные двери с тамбуром. Притворы дверей снабжают упругими прокладками. Стены в тамбуре це-

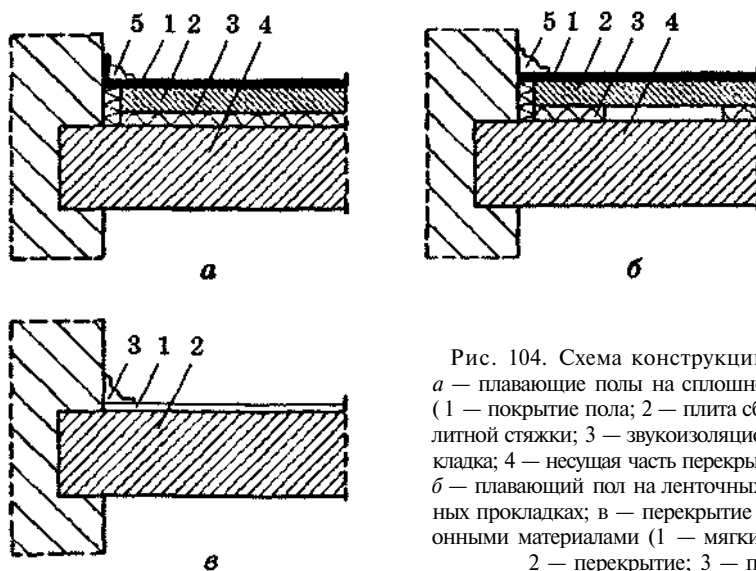


Рис. 104. Схема конструкций перекрытия:
 а — плавающие полы на сплошной гибкой основе (1 — покрытие пола; 2 — плита сборной или монолитной стяжки; 3 — звукоизоляционная гибкая прокладка; 4 — несущая часть перекрытия; 5 — плинтус;
 б — плавающий пол на ленточных или искусственных прокладках; в — перекрытие со звукоизоляционными материалами (1 — мягкий рулонный пол; 2 — перекрытие; 3 — плинтус)

лесообразно облицовывать звукопоглощающим материалом. Открываться двери должны в разные стороны.

Двойные окна лучше изолируют от воздушного шума (до 30 дБ), **чем** спаренные (20—22 дБ).

В последнее время широко применяют "звукоизоляционные вентиляционные окна", которые обеспечивают высокую звукоизоляцию и одновременно позволяют проветривать помещение. Это две глухие рамы, расположенные на расстоянии 100 мм и более одна от другой, со звукоизоляционной облицовкой по контуру. Используют стекла различной толщины или в одной раме пакет из **двух** стекол. В стене под окном оборудуют отверстие, в котором устанавливают коробку в виде глушителя с небольшим вентилятором, обеспечивающим приток воздуха в помещение.

Звукопоглощающие конструкции предназначены для поглощения звука. К ним относятся звукопоглощающая облицовка ограждающих поверхностей помещений и искусственные звукопоглотители. Звукопоглощающие конструкции находят очень широкое применение. Чаще всего используют звукопоглощающую облицовку: в учебных, спортивных, зрелищных и других зданиях, чтобы создать наилучшие акустические условия для восприятия речи и музыки; в производственных цехах, конторах и других помещениях общественного назначения (машинописные бюро, машиносчетные станции, административные помещения, рестораны, залы ожидания вокзалов и аэровокзалов, магазины, столовые, банки, отделения связи и др.); в помещениях коридорного типа (школы, больницы, гостиницы и т. п.) для предупреждения распространения шума.

Санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к звукопоглощающим конструкциям, состоят прежде всего в том, что они не должны ухудшать гигиенические условия вследствие осыпания волокон или частиц материала, способствовать накоплению пыли. Легкость очистки от пыли звукопоглощающих конструкций приобретает особое значение в зданиях как с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями (больницы), так и с повышенным выделением пыли (большинство промышленных предприятий).

Эффективность звукопоглощающей облицовки в шумных помещениях зависит от акустических характеристик помещения, характеристик выбранных конструкций, способа их размещения, расположения источников шума, размеров помещения и локализации расчетных точек. Обычно она не превышает 6—8 дБ.

Мероприятия по борьбе с городским шумом можно разделить на две группы: архитектурно-планировочные и строительно-акустические.

Вместе с разработкой мероприятий по снижению шума транспортных источников возникает проблема борьбы с шумом, который распространяют эти источники в окружающую среду. Решают эту проблему двумя путями: планированием общих градостроительных мероприятий в процессе составления генеральных планов городов, проектов детальной планировки жилых районов и микрорайонов, а также разработкой специальных шумозащитных приспособлений, изолирующих, поглощающих и отражающих шум.

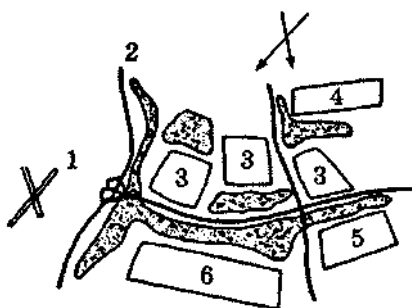
Могут быть использованы различные административные меры. К ним относятся: перераспределение движения транспортных потоков улицами города; ограничение движения в разное время суток по тем или иным направлениям; изменение состава транспортных средств (например, запрет использования на некоторых улицах города грузовых автомобилей и автобусов с дизельными двигателями) и т. п.

При разработке проектов планировки и застройки городов для защиты от шума можно использовать как природные условия (рельеф местности и зеленые насаждения), так и специальные сооружения (экраны вблизи транспортных магистралей). Можно применять также рациональные приемы зонирования территории по условиям шумового режима для тех или иных видов зданий, участков и площадок для отдыха, хозяйственно-бытовых нужд и т. п.

Рассмотрим возможные варианты защиты от шума в городах. В первую очередь с целью защиты от шума при проектировании городов и других населенных пунктов необходимо четко разделить территорию по ее функциональному использованию на зоны: селитебную, промышленную (производственную), коммунально-складскую и внешнего транспорта. Промышленные (производственные) и коммунально-складские зоны, рассчитанные на большие грузопотоки по транспортным магистралям, располагают так, чтобы они не пересекали селитебную зону и не вклинивались в нее.

Для защиты от шума при проектировании системы внешнего транспорта нужно предусматривать в городах объездные железнодорожные линии (для пропуска транзитных поездов за пределами города), размещать сортировочные станции за пределами населенных пунктов, а технические станции и парки резервного подвижного состава, железнодорожные линии для грузовых перевозок и подъездные пути — за пределами селитебной территории; отделять новые железнодорожные линии и станции во время нового строительства от жилой застройки городов и других населенных пунктов СЗЗ; соблюдать надлежащее расстояние от границ аэропортов, заводских, военных аэродромов до границ жилой застройки. Ширина СЗЗ должна быть обоснована акустическими расчетами и санитарными нормами, регламентируемыми ДБН 360-92* "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" и СНиПом "Защита от шума". На рис. 105 приведена принципиальная схема населенного пункта с учетом защиты от внешнего шума.

При прокладке новых или реконструкции магистральных улиц и дорог на селитебной территории необходимо предусматривать мероприятия по защите от транспортного шума, обоснованные акустическими расчетами. Скоростные дороги и дороги общегородского значения с преиму-



ественно грузовым транспортом не должны пересекать селитебную территорию. На селитебных территориях прокладывание скоростных дорог при соответствующем обосновании допускается в туннелях или выемках. Рациональны объездные дороги, направляющие транзитные потоки за пределы города.

В качестве естественных преград на пути распространения шума следует использовать элементы рельефа. При необходимости прокладки магистральных улиц и дорог на насыпях и эстакадах устанавливать шумозащитные экраны.

При проектировании улично-дорожной сети должны быть предусмотрены максимально возможные укрупнения Межмагистральных территорий, уменьшение количества перекрестков и других транспортных узлов, устройство плавных криволинейных соединений дорог. На территории жилых районов необходимо ограничивать сквозное движение транспорта.

В архитектурно-планировочной структуре жилых районов и микрорайонов используют следующие способы защиты от шума: удаление жилой застройки от источников шума; расположение между источниками шума и жилой застройкой зданий-экранов; применение рациональных с точки зрения защиты от шума композиционных способов группировки жилых зданий. = •

Функциональное зонирование территорий микрорайонов следует осуществлять с учетом необходимости размещения жилой застройки и детских дошкольных заведений в зонах, наиболее удаленных от источников шума, транспортных магистралей, автостоянок, гаражей, трансформаторных подстанций и др. В зонах, прилегающих к источникам шума, можно строить здания, в которых допускаются более высокие уровни звука. Это предприятия бытового обслуживания, торговли, общественного питания, коммунальные предприятия, административно-хозяйственные и общественные учреждения. Торговые центры и блоки обслуживания обычно строят на границе микрорайонов вдоль транспортных магистралей в виде единого комплекса.

Если жилую застройку необходимо разместить на границе микрорайонов вдоль транспортных магистралей, целесообразно использовать специальные типы шумозащищенных жилых зданий. В зависимости от условий инсоляции рекомендуют строить: шумозащищенные жилые дома, архитектурно-планировочные решения которых характеризуются ориентацией в сторону источников шума окон вспомогательных помещений и не более одной жилой комнаты без спальных мест многокомнатных квартир; шумозащищенные жилые дома с повышенными звукоизоляционными свойствами внешних ограждающих конструкций, ориентированных на источники шума и со встроенными системами приточной вентиляции.

Для обеспечения санитарных норм в квартирах и на территории микрорайонов нужно использовать композиционные приемы группировки шумозащищенных зданий, основанные на создании замкнутого пространства. При расположении жилой застройки вдоль транспортных магистралей не следует прибегать к композиционным приемам группировки жилых зданий, которые основываются на раскрытии пространства в сторону проезжей части.

Если архитектурно-планировочные мероприятия (разрывы, приемы застройки и т. д.) не обеспечивают надлежащего шумового режима в зданиях и на территории жилого микрорайона, а также с целью экономии территории, необходимой для соблюдения территориальных разрывов с транспортными магистралями, целесообразно применять строительно-акустические методы: шумозащитные сооружения и устройства, экраны, шумозащитные полосы озеленения, а для жилых зданий также конструкции оконных проемов с повышенной звукоизоляцией.

В качестве экранов можно использовать различные здания и сооружения: здания с пониженными требованиями к шумовому режиму; шумозащищенные жилые здания; искусственные или естественные элементы рельефа (выемки, овраги, земляные валы, насыпи, курганы) и стенки (придорожные подпорные, ограждающие и шумозащитные). Шумозащитные экраны целесообразно размещать как можно ближе к источнику шума.

Здания с пониженными требованиями к шумовому режиму (предприятия бытового обслуживания, торговли, общественного питания, коммунальные; общественные и культурно-просветительные, административно-хозяйственные учреждения) и шумозащищенные жилые здания следует размещать вдоль источников шума в виде фронтальной, по возможности непрерывной, застройки. Помещения административных, общественных и культурно-просветительных учреждений с повышенными требованиями к акустическому комфорту (конференц-зал, читальные залы, зрительные залы театров, кинотеатров, клубов и т. п.) следует возводить на противоположной от источников шума стороне. Отделяют их от магистрали коридорами, фойе, залами, кафе и буфетами, вспомогательными помещениями.

В настоящее время принцип экранирования шума начинают применять и в отечественной градостроительной практике.

Как дополнительное средство для защиты от шума можно использовать специальные шумозащитные полосы зеленых насаждений. Формируют несколько полос с разрывами между ними, равными высоте деревьев. Ширина полосы должна быть не менее 5 м, а высота деревьев — не менее 5—8 м. На шумозащитных полосах кроны деревьев должны плотно смыкаться между собой. Под кронами высаживают густой кустарник в шахматном порядке. Сажают быстрорастущие, устойчивые породы деревьев и кустарника. Однако эффективность даже специальных шумозащитных полос зеленых насаждений невысокая (5—8 дБА).

Во многих случаях, когда здания располагают на городских и районных магистральных улицах и вдоль скоростных дорог, возводят специальные шумозащищенные дома с повышенной звукоизоляцией внешних ограждений всех помещений, выходящих на "шумный фасад". В таких шумозащищенных зданиях, используемых в качестве экрана для ограничения зоны распространения шума вглубь селитебной территории, предусматривают специальную планировку помещений, при которой спальные комнаты, операционные, палаты ориентированы на фасад, противоположный магистральной улице (рис. 106).

На стадии разработки генерального плана города целесообразно составлять шумовую карту улично-дорожной сети и наибольших источников промыш-

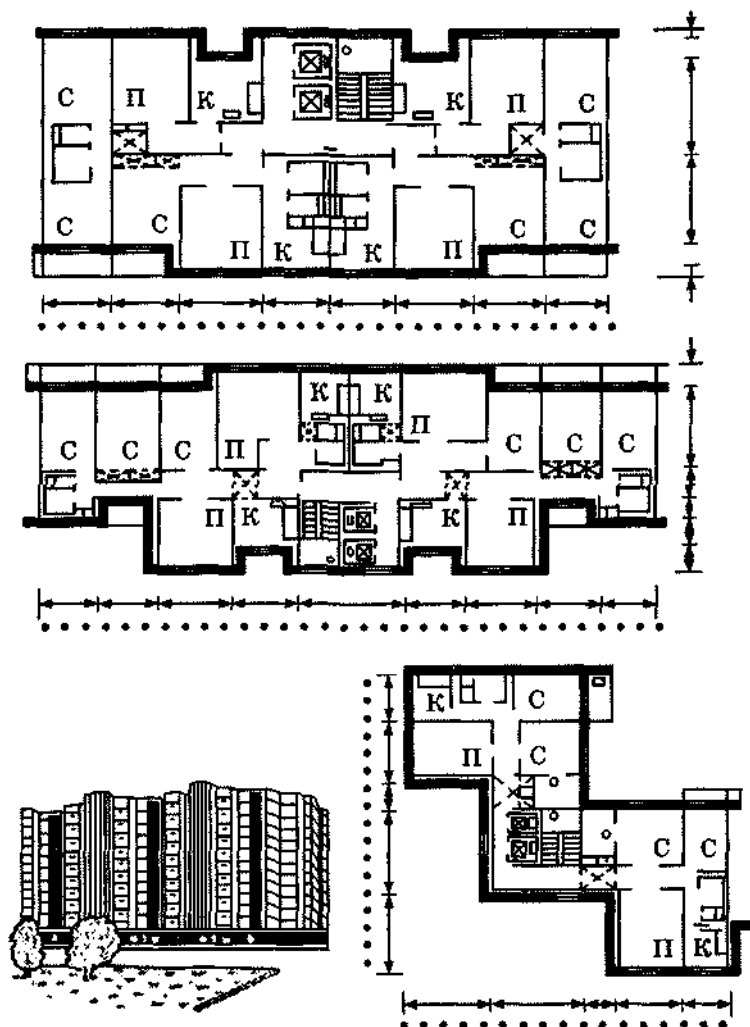


Рис. 106. Планы секций шумозащищенных зданий.
Точками обозначены источники шума. К — кухня, П — прихожая, С — спальня

шлейного шума. Карты шума составляют на основании результатов натурных инструментальных измерений в естественных условиях или расчетным путем.

Необходимость и целесообразность использования территориальных разрывов, экранирующих сооружений и шумозащитных полос зеленых насаждений определяют посредством расчета уровня звука $L_{\text{А тер}}$ в расчетной точке на территории объекта, который необходимо защитить от шума:

$$\Delta A_{\text{тер}} = \Delta A_{\text{экв}} - \Delta A_{\text{расст}} - \Delta A_{\text{экр}} - \Delta A_{\text{зел}}$$

где $L_{\text{А экв}}$ — шумовая характеристика источника шума (дБА); $\Delta A_{\text{расст}}$ — снижение уровня звука (дБА) в зависимости от расстояния между источником шу-

ма и расчетной точкой; $AL_{\text{экp}}$ — снижение уровня звука экранами; $AL_{\text{зсл}}$ — снижение уровня звука полосами зеленых насаждений. При этом расчетный уровень ($B_{\text{Атср}}$) не должен превышать допустимый ($B_{\text{Адоп}}$) (см. табл. 102).

Санитарный надзор по защите от шума окружающей среды. Органы санитарно-эпидемиологической службы осуществляют систематический планомерный контроль за обеспечением допустимых уровней шума в жилых и общественных зданиях, а также на территории жилой застройки. При этом они руководствуются законами Украины "Об охране окружающей природной среды", "Основы законодательства Украины о здравоохранении", "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия", "Об охране атмосферного воздуха" и др.

Контроль за шумовым режимом должен проводиться на участках городской территории и в помещениях зданий, в которых нормируются уровни шума.

В план работы акустических групп, лабораторий или врачей-гигиенистов, на которых возложен контроль за уровнем городского и жилищно-коммунального шума, необходимо включать мероприятия по активному выявлению источников шума в жилой застройке и составлению картотеки или паспортов на эти источники с указанием в специальных графах таких параметров: уровень шума, определенный на основании инструментальных замеров или технической документации; сфера распространения влияния шума на население (жилое здание, лечебно-профилактическое учреждение, школа и т. п.); количество людей на которых влияет шум источника; рекомендаций санитарно-эпидемиологической службы; планируемые мероприятия и сроки их выполнения; эффективность мероприятий.

Необходимо составлять картотеку источников шума промышленных предприятий, транспортных объектов, трансформаторных подстанций, учреждений обслуживания, торговли и общественного питания, встроенных в жилые здания и др.

В задачи санитарно-эпидемиологической службы входят: установление причин образования повышенных уровней шума, выявление случаев нарушения санитарных норм допустимых уровней, предъявление требований по устранению нарушений шумового режима, составление планов мероприятий и контроль за их выполнением.

При необоснованной задержке проведения мероприятий по ослаблению шума или срыве сроков их выполнения органы санитарно-эпидемиологической службы должны применить соответствующие санкции к виновным, а также вынести вопрос на рассмотрение органов местного самоуправления.

Во время осуществления надзора за строительством зданий врачи-гигиенисты должны контролировать: выполнение проектных решений по обеспечению надлежащей звукоизоляции ограждающих конструкций; выполнение работ по вибро- и звукоизоляции во время монтажа санитарно-технических установок и инженерного оборудования зданий; качество строительных работ. Повышенные требования необходимо предъявлять к встраиваемым или пристраиваемым к жилым зданиям объектам и предприятиям для обслуживания населения.

Принимая участие в работе государственных комиссий по приемке в эксплуатацию жилых и общественных зданий, санитарные врачи должны требо-

вать документацию о результатах инструментальных замеров уровней шума или проводить их измерение. При выявлении уровней шума, превышающих санитарные нормативы, здание не может быть принято в эксплуатацию до устранения причин шумообразования.

Шумовой режим в новых районах, несомненно, зависит от качества проведения предупредительного санитарного надзора. При этом особое внимание необходимо уделять выбору наиболее благоприятных в отношении акустического режима участков для строительства жилых зданий, лечебно-профилактических, дошкольных учреждений и школ; размещению мест отдыха; установлению надлежащих территориальных разрывов между жилой застройкой и источниками шума; рациональной трассировке дорог, улиц и проездов и т. д. Все эти вопросы должны решаться совместно с архитекторами, градостроителями, строительными учреждениями технического профиля. При рассмотрении проектной документации врачи-гигиенисты обязаны требовать акустические расчеты ожидаемого шумового режима и обоснованного выбора мероприятий по обеспечению в микрорайонах, жилых и общественных зданиях уровней шума, не превышающих нормативных.

В обязанности врачей-гигиенистов входят: рассмотрение жалоб населения на неблагоприятное воздействие различных источников внешнего и внутреннего шума, измерение уровней звука и сравнения их с действующими нормативами, а также предъявление требований по устранению причин чрезмерного шумообразования организациям и ведомствам, в чьем ведении находятся источники шума.

Врачи-гигиенисты совместно с проектными организациями и учреждениями технического профиля должны принимать участие в составлении шумовых карт улично-дорожной сети, жилых районов, промышленных районов на данном этапе и на перспективу. Санитарно-эпидемиологическая служба должна играть ведущую роль в работе республиканских, областных, краевых, городских межведомственных комиссий по борьбе с шумом, рассматривать вопросы о деятельности отдельных учреждений, ведомств и министерств относительно ослабления шума транспорта, промышленных предприятий, оборудования и т. д.

Врачи-гигиенисты принимают участие в подготовке проектов решений исполкомов местных органов самоуправления, направленных на ослабление производственных, транспортных и жилищно-бытовых шумов, и контролируют их выполнение.

Большое внимание следует уделять санитарно-просветительной и культурно-воспитательной работе среди населения, а также среди детей о вреде шума и предотвращении его, о культуре поведения в жилых зданиях, местах отдыха и т. д.

Гигиеническая оценка вибрации в окружающей среде

Научно-технический прогресс, урбанизация привели к тому, что в окружающей среде городов появился новый физический фактор — вибрация. Область ее распространения вышла за пределы промышленного производства, транс-

портных средств. Нежелательные механические колебания стали возникать на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях.

Особую актуальность проблема вибрации в жилых зданиях приобрела вследствие строительства метрополитена в крупных городах нашей страны и за рубежом. Наиболее благоприятные условия для распространения вибрации создаются при использовании неглубоких туннелей углубления, строительство которых является экономически целесообразным. Трассы метрополитена прокладывают под жилыми районами, а опыт эксплуатации подземных поездов свидетельствует о том, что вибрация проникает в жилые здания в радиусе 40—70 м от туннеля метрополитена.

Физические и физиологические характеристики вибрации. Вибрацией называют механические ритмичные колебания упругих тел. Чаще всего под вибрацией понимают нежелательные колебания. Аритмичные колебания называют толчками.

Распространяется вибрация вследствие передачи энергии колебаний от колеблющихся частиц к соседним частицам. Эта энергия в любой момент пропорциональна квадрату скорости колебательного движения, поэтому по величине последней можно судить об интенсивности вибрации, т. е. о потоке вибрационной энергии. Поскольку скорости колебательного движения изменяются во времени от нуля до максимума, для их оценки используют не мгновенные максимальные значения, а среднеквадратичную величину за период колебания или измерения.

В отличие от звука вибрация воспринимается разными органами и частями тела. Так, при низкочастотных (до 15 Гц) колебаниях поступательная вибрация воспринимается отолитовым, а вращательная — вестибулярным аппаратом внутреннего уха. При контакте с твердым вибрирующим телом вибрация воспринимается нервными окончаниями кожи.

Сила восприятия механических колебаний зависит от биомеханической реакции тела человека, представляющего собой в определенной мере механическую колебательную систему, обладающую собственным резонансом и резонансом отдельных органов, что и определяет строгую частотную зависимость многих биологических эффектов вибрации. Так, у человека в положении сидя резонанс тела, который обуславливается влиянием вибрации и проявляется неприятными субъективными ощущениями, наступает на частотах 4—6 Гц, у человека в положении стоя — на частотах 5—12 Гц.

Человек ощущает вибрацию частотой от долей герца до 800 Гц, вибрация большой частоты воспринимается подобно ультразвуковым колебаниям, вызывая ощущение тепла.

Человек ощущает колебательные скорости, отличающиеся в 10 000 раз. Поэтому по аналогии с шумом интенсивность вибрации часто оценивают как уровень колебательной скорости (виброскорости), определяя его в децибелах.

За пороговую колебательную скорость принята величина $5 \cdot 10^{-8}$ м/с, что отвечает пороговому звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5}$ Н/м².

Для характеристики вибрации можно использовать и другие показатели, например виброускорение, вибросмещение. Это равнозначные единицы, которые используют для описания вибрации как физического процесса.

В большинстве случаев вибрация, создаваемая различными источниками, имеет сложный спектр частот. Отличается она неодинаковым распределением интенсивности по частотам и разным характером изменения общей вибрационной энергии во времени.

Так же, как и шум, вибрация разных частот и интенсивностей неодинаково воздействует на организм человека. По характеру воздействия выделяют общую и локальную вибрацию. Общая вибрация — это колебания больших поверхностей, передающиеся всему организму. Локальная вибрация наблюдается при колебаниях небольших тел (ручные инструменты и т. д.) Она обычно передается ограниченному участку тела человека и имеет значение для его производственной деятельности. В коммунальной гигиене мы имеем дело главным образом с общей вибрацией, возникающей во время движения автотранспорта, трамваев, троллейбусов, а также с колебанием пола, почвы и т. д.

По направлению воздействия на человека различают вертикальную и горизонтальную, переднезаднюю и боковую вибрацию, которую обозначают буквами Z, X, Y.

Источники вибрации и их характеристики. Источниками вибрации в жилых и общественных зданиях являются инженерное и санитарно-техническое оборудование, а также промышленные установки, например мощное кузнечно-прессовое оборудование, поршневые компрессоры, строительные машины (дизели-молоты), а также транспортные средства (метрополитен мелкого заложения, тяжелые грузовые автомобили, железнодорожные поезда, трамваи). Они создают во время работы большую динамическую нагрузку и приводят к распространению вибрации в почве и конструкциях зданий. Эта вибрация часто является причиной появления шума в зданиях или сопровождают его.

По мере отдаления от метрополитена колебания затихают, но этот процесс немонотонный. Он зависит от составляющих звеньев на пути распространения вибрации: рельс — стена туннеля — грунт — фундамент здания — строительные конструкции. В спектральном составе вибрации преобладают октавные полосы со среднегеометрическими частотами 31,5 и 63 Гц.

Влияние вибрации на организм человека и ее нормирование. Многочисленные исследования влияния вибрации в условиях производства показали возможность появления у работников комплекса патологических изменений, получивших название вибрационной болезни. Вибрация, проникающая в жилые помещения, вследствие круглосуточного воздействия может также неблагоприятно влиять на организм человека. Однако действие вибрации как фактора малой интенсивности внутрижилищной среды изучено недостаточно. Отсутствие четких физиологических критериев воздействия ее на организм обуславливает повышение внимания к субъективным реакциям, которые рассматривают как интегральный показатель влияния низкочастотных колебаний на самочувствие, трудовую деятельность, отдых и сон.

Исследования, проведенные в одном из районов Германии, показали, что промышленные предприятия и транспорт в условиях большого города являются одной из причин вибрационного дискомфорта в квартирах. Из общего количества опрошенных 42% жаловались на некоторые неудобства, 15,5% — на

значительный дискомфорт, 14,4% — на раздражающее действие и лишь 27,5% не ощущали никаких проявлений вибрации.

Принимая во внимание строительство новых линий метрополитена, в Киеве также проведен массовый опрос населения по специальной анкете с измерением параметров вибрации. Регулярно повторяемые через 1,5—2 мин колебания пола, стен, дрожание мебели обуславливали разные реакции — от беспокойства до появления сильной раздражительности, сопровождавшейся нарушением сна.

Степень неблагоприятного воздействия вибрации зависит от уровня вибрации (или расстояния до источника низкочастотных колебаний), периода суток, возраста, вида деятельности и состояния здоровья человека. Наибольшие уровни вибрации, зарегистрированные в жилых зданиях в радиусе 20 м от их источника, вызывали жалобы у 73% жителей. С увеличением расстояния количество жалоб уменьшалось, и на расстоянии 35—40 м от источника вибрации колебания ощущали лишь 17% жителей. При этом уровне виброускорение на ведущих частотах составляло 27—25 дБ.

Клинико-физиологическое обследование группы населения, подвергавшийся воздействию механических колебаний от объектов рельсового транспорта, показало объективные физиологические изменения функционального состояния отдельных систем организма, носящие фазный характер. Так, при непродолжительном воздействии вибрации (1,5 года) на первый план выступают функциональные нарушения со стороны центральной нервной системы в виде астенического, астеновегетативного синдромов и неврастения. В группе населения с более длительным сроком проживания (7 лет) чаще регистрируются нарушения деятельности сердечно-сосудистой системы. Это свидетельствует о необходимости гигиенического нормирования вибрации в условиях жилища, т. е. разработки технических и планировочных мероприятий для снижения вибрации в городской среде.

В нашей стране допустимые уровни вибрации в жилых зданиях, правила их измерения и оценка регламентированы "Санитарными нормами допустимых уровней вибрации в жилых зданиях", утвержденными МЗ.

Основными нормированными параметрами вибрации являются среднеквадратичные величины виброскорости (допускается также использование виброускорения или вибросмещения) в октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц, выраженных в виде уровней вибрации.

Допустимые величины уровней вибрации в любом направлении (вертикальном или горизонтальном) в жилых помещениях определяют по табл. 104 с поправками, которые содержатся в табл. 105. Поправки ^нормативным уровням вносят в соответствии с характером вибрации, периодом суток и продолжительностью ее влияния.

Постоянной считается вибрация, уровень которой во время измерения прибором с характеристикой "медленно" в течение не менее чем 10 мин изменяется на ± 3 дБ. Непостоянной считается вибрация, уровень которой во время измерения прибором с характеристикой "медленно" за период не менее 10 мин

ТАБЛИЦА 104

Нормативные уровни вибрации в жилых помещениях, дБ

Параметры	Среднегеометрические частоты полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Уровень виброскорости	79	73	67	67	67	67
Уровень виброускорения	25	25	25	31	37	47
Уровень вибросмещения	133	121	109	108	97	91

ТАБЛИЦА 105

Поправки к нормативным уровням
вибрации в жилых помещениях

Фактор	Условия воздействия	Поправка, дБ
Характер вибрации	Постоянная	0
	Непостоянная	-10
Период суток	С 7.00 до 23.00	+5
	С 23.00 до 7.00	0
Продолжительность влияния вибрации в дневной период в наиболее интенсивные 30 мин	Суммарная продолжительность, %	0
	56—100	0
	18—56	+5
	6—18	+10
	До 6	+15

изменяется более чем на ± 3 дБ. Для вибрации, имеющей временный характер, связанный, например, со строительством, допускается на дневной период вводить дополнительную поправку +10 дБ.

Мероприятия по защите от вибрации. Обычно вибрация распространяется как в грунте, так и в строительных конструкциях с относительно небольшим затуханием. Поэтому прежде всего нужно принять меры для уменьшения динамических нагрузок, создаваемых источником вибрации, или снижения передачи этих нагрузок посредством виброизоляции машин и средств транспорта.

Снижение вибрации в помещениях может быть достигнуто целесообразным расположением оборудования в здании. Оборудование, создающее значительные динамические нагрузки, рекомендуют устанавливать в подвалах или на отдельных фундаментах, не связанных с каркасом здания. На перекрытиях желательно размещать оборудование в местах, отдаленных от защищаемых объектов. Если невозможно обеспечить достаточное снижение вибрации и шума, возникающих во время работы центробежных машин, указанными методами, следует предусмотреть их изоляцию.

Виброизоляция агрегатов достигается за счет их размещения на специальных виброизоляторах (упругих элементах, имеющих малую жесткость), применения гибких элементов (вставок) в системах трубопроводов и коммуникаций, соединенных с оборудованием, мягких прокладок для трубопроводов и коммуникаций в тех местах, где они проходят через ограждающие конструкции или крепятся к ним. Гибкие соединения трубопроводов в насосных установках нужно предусматривать как в нагнетающей, так и во всасывающей (как можно ближе к насосной установке) линиях. В качестве гибких вставок можно использовать резиново-тканевые рукава с металлическими спиралями.

Для снижения вибрации, передающейся на несущую конструкцию, используют пружинные или резиновые виброизоляторы. Для агрегатов, скорость

вращения которых менее 1800 об/мин, рекомендуются пружинные виброизоляторы; при скорости вращения свыше 1800 об/мин допускается применение резиновых виброизоляторов. Следует иметь в виду, что срок работы резиновых виброизоляторов не превышает 3 лет. Стальные виброизоляторы долговечны и надежны в работе, но они эффективны при виброизоляции с низкими частотами и недостаточно снижают передачу вибрации с высокими частотами (слухового диапазона), обусловленную внутренними резонансами пружин элементов. Для устранения передачи высокочастотной вибрации следует применять резиновые или пробковые прокладки толщиной 10—20 мм, разместив их между пружинами и несущей конструкцией.

Машины с динамической нагрузкой (вентиляторы, насосы, компрессоры и т. д.) рекомендуют жестко монтировать на тяжелой бетонной плите или металлической раме, которая опирается на виброизоляторы. Тяжелая плита уменьшает амплитуду колебаний агрегата, установленного на виброизоляторах. Кроме того, плита обеспечивает жесткую центровку с приводом и понижает размещение центра тяжести установки. Желательно, чтобы масса плиты была не меньше массы изолируемой машины.

Защита зданий от вибрации, возникающей от движения на железнодорожных линиях, линиях мелкого заложения метрополитена, обычно обеспечивается за счет надлежащего расстояния от источника вибрации. Жилые здания не должны располагаться на расстоянии ближе 40 м от стены тоннеля метро.

Единственным средством защиты помещений жилых зданий от шума и вибрации, возникающих во время работы метрополитена, если его линии расположены на меньших расстояниях, является виброизоляция тоннелей от грунта при помощи резиновых прокладок.

За рубежом используют также пневматические виброизоляторы. Санитарный надзор за обеспечением допустимых уровней вибрации проводят аналогично надзору по защите от шума.

Гигиеническая оценка электромагнитных излучений в окружающей среде

Развитие телевидения, радиосвязи, радиолокации, расширение сети высоковольтных линий электропередач, применение высокочастотной энергии в различных сферах народного хозяйства и в быту привело к значительному росту уровня электромагнитных излучений в городах и населенных пунктах.

Электромагнитные волны разных диапазонов, в том числе радиочастотные, существуют в природе, образуя естественный фон. Увеличение количества и рост мощности различных искусственных источников неионизирующей радиации создают дополнительное искусственное электромагнитное поле, что при определенных условиях может неблагоприятно влиять на здоровье населения. Ввиду этого возникла проблема медико-биологического изучения влияния электромагнитного излучения на организм человека в условиях окружающей среды.

Физическая характеристика электромагнитных излучений. Электромагнитное излучение возникает вследствие излучения энергии от любых источников электрических токов (промышленные генераторы высокой частоты, генераторы телевизионных и радиолокационных станций, рентгеновские установки и другие источники). Это периодически переменное в пространстве электромагнитное поле, в котором переменные электрическое и магнитное поля тесно взаимосвязаны и любое изменение электрического поля влечет за собой изменение магнитного поля (и наоборот).

В понятие "электромагнитное поле радиоволн" входит весь диапазон радиочастот, ограниченный, с одной стороны, частотой 10^3 Гц (длина волны 300 км), а с другой — частотой 10^{12} Гц (длина волны 0,03 мм). Этот участок спектра электромагнитных волн применяют в радиовещании, телевидении, радиолокации, радиоастрономии, сотовой, спутниковой связи и др.

Частота колебаний электромагнитного поля определяется частотой колебаний возбуждающего источника и в процессе распространения радиоволн не изменяется. Скорость распространения радиоволн в пространстве составляет 300 000 км/с.

Электромагнитные волны, распространяясь в пространстве, переносят энергию на значительные расстояния. Электрическая составляющая электромагнитного поля характеризуется *напряженностью электрического поля* E , магнитная составляющая — *магнитной напряженностью* (H). Величины E и H изменяются во времени по одному и тому же закону, а соотношение между их мгновенными значениями остается постоянным.

Кроме понятия напряженности электрического поля, в практике для оценки величины электромагнитного поля для ультра- и сверхвысоких частот используют понятие поверхностной плотности потока энергии (ППЭ). Это количество энергии, проникающее через единичную площадь, перпендикулярную к направлению распространения электромагнитной энергии. Поверхностную ППЭ оценивают в ваттах на квадратный метр (Вт/м^2). В практике обычно используют такие единицы: мВт/см^2 и мкВт/см^2 ($1 \text{ Вт/м}^2 = 0,1 \text{ мВт/см}^2 = 100 \text{ мкВт/см}^2$).

Между величиной поверхностной ППЭ и напряженностью электрического поля существует такая зависимость:

$$\text{ППЭ} = E^2/3,77,$$

где E — напряженность поля (В/м).

В табл. 106 приведена номенклатура диапазонов частот (волн), для которых устанавливаются предельно допустимые уровни влияния электромагнитных полей. Диапазоны 1—4 практически не используют, поэтому они не приведены в табл. 106.

Электромагнитные поля в диапазонах частот 5—8 оценивают по напряженности поля (E), а в диапазонах 9—11 — по поверхностной ППЭ. В диапазоне километровых, гектаметровых и дециметровых волн и частично метровых волн сейчас работают станции радиовещания и радиосвязи; в диапазоне метровых волн — телецентры и телевизионные ретрансляторы; в дециметровом, сантиметровом и миллиметровом диапазонах — радиолокационные станции, системы радионавигации и радиоастрономии.

Номенклатура диапазонов частот (волн)

Номер диапазона	Диапазон частот (без нижней, но с верхней границей)	Диапазон волн (без нижней, но с верхней границей)	Соответствующее метрическое подразделение диапазонов
5	От 30 до 300 кГц	От 10^4 до 10^3 м	Километровые волны (низкие частоты, НЧ)
6	От 300 до 3000 кГц	От 10^3 до 10^2 м	Гектометрические волны (средние частоты, СЧ)
7	От 3 до 30 МГц	От 10^2 до Юм	Декаметровые волны (высокие частоты, ВЧ)
8	От 30 до 300 МГц	От 10 до 1 м	Метровые волны (очень высокие частоты, ОВЧ)
9	От 300 до 3000 МГц	От 1 до 0,1 м	Дециметровые волны (ультравысокие частоты, УВЧ)
10	От 3 до 30 ГГц	От 10 до 1 см	Сантиметровые волны (сверхвысокие частоты, СВЧ)
11	От 30 до 300 ГГц	От 1 до 0,1 см	Миллиметровые волны (крайне высокие частоты, КВЧ)

Источники электромагнитных излучений и их характеристики. Основными источниками излучения энергии электромагнитного поля в городах и населенных пунктах являются антенные устройства радио-, телевизионных и радиолокационных станций, работающих в широком диапазоне частот.

Антенны радиостанций — сложные инженерные сооружения в виде мачт, к которым иногда подвешивают "полотна" из проводов. Каждая антенна имеет диаграмму направления электромагнитного излучения в вертикальной и горизонтальной плоскостях, которую нужно учитывать во время определения границ СЗЗ и зоны ограниченной застройки. Антенны в зависимости от характера излучения делят на остронаправленные (антенны межконтинентальных радиостанций, спутниковой связи радиорелейных станций), слабонаправленные (радиовещательные станции регионального назначения), ненаправленные (телевизионные, радиовещательные городские радиостанции, радиостанции сотовой мобильной связи), смешанного типа (радиолокационные станции разного назначения).

Источниками излучения электромагнитной энергии в населенных пунктах могут быть также высокочастотные установки промышленного и опытного назначения.

Исследования, проведенные в Институте гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины в местах расположения источников электромагнитного излучения, выявили значительные колебания интенсивности излучения электромагнитных полей в зависимости от мощности объекта, его конструктивных особенностей, размещения над уровнем земли, рельефа местности, растительного покрова, наличия препятствий в виде зданий, расстояния до источника излучения и т. д. Интенсивность излучения электромагнитных полей в местах расположения разных объектов приведена в табл. 107. Электромагнитная энергия, излучаемая радиотехническими объектами и высоковольтными линиями электропередач, распространяясь в условиях населенных

**Интенсивность излучения электромагнитных полей
различных радиотехнических объектов**

Источник излучения	Расстояние от антенн, м	Интенсивность
Средневолновые радиостанции	100—1000	60—0,2 В/м
Коротковолновые радиостанции	25—400	60—4 В/м
Телецентры и телевизионные ретрансляторы	50—1000	10—2 В/м
Обзорные радиолокационные станции	100—3500	700—5 мкВт/см ²
Линии электропередачи	0—40 от проекции токонесущего провода	500—20 000 В/м

мест, проникает в жилые и общественные здания, влияя на здоровье населения. Исследование влияния электромагнитных полей на здоровье людей связано со значительными организационными трудностями.

Влияние электромагнитных излучений на организм человека и их нормирование. Проблема влияния на организм человека электромагнитных полей как фактора среды обитания приобретает все большее значение, так как с каждым годом увеличиваются количество источников и мощность их излучения. Электромагнитные поля, независимо от уровня и диапазона частот, подлежат гигиеническому нормированию.

Механизм действия электромагнитных полей, продолжительного действия особенно малоинтенсивных излучений на организм человека еще окончательно не изучен. Чувствительность органов и систем к радиоизлучениям определяется биофизическими параметрами (степень абсорбции и отражения, глубина проникновения), функциональным назначением органов, степенью их васкуляризации и др.

Результаты экспериментальных исследований на животных свидетельствуют, что действие электромагнитного поля зависит от напряженности поля, продолжительности действия, частоты колебания волн. Так, с повышением частоты колебания электромагнитных волн влияние электромагнитного поля усиливается, т. е. высокие и сверхвысокие частоты вызывают больший биологический эффект, чем низкие. Установлено, что электромагнитные волны миллиметрового диапазона почти полностью поглощаются кожей и действуют на ее рецепторы; сантиметровые и дециметровые — почти не поглощаются кожей, а проникают глубже и могут влиять непосредственно на структуры ткани, особенно мозга.

Наиболее изучены электромагнитные волны сантиметрового диапазона. Экспериментально доказано, что они обуславливают выраженные биологические эффекты у животных, сопровождающиеся повышением температуры тела, угнетением центральной нервной системы, необратимыми морфологическими изменениями в органах, снижением активности окислительно-восстановительных ферментов, генетическими нарушениями, дефектами развития, учащением случаев гибели. В хроническом опыте на животных получены данные, свидетельствующие об отрицательном действии электромагнитного поля средне-частотного диапазона при напряженности 20—140 В/м, высокочастотного диа-

пазона — при напряженности 8—50 В/м, ультравысокого диапазона — при напряженности 6—3 В/м и сверхвысокочастотного импульсного прерывистого — при поверхностной ППЭ 10—50 мкВт/см². Указанные уровни обуславливали изменения в центральной нервной системе (начальное возбуждение сменяется процессом торможения), в сердечно-сосудистой системе (снижение ЧСС, изменения на ЭКГ, артериального давления), нарушение морфологического состава крови (уменьшение количества лейкоцитов, ретикулоцитов, ацидофильных гранулоцитов), что сопровождается нарушениями функционального состояния эндокринной системы, обменных процессов, дистрофическими процессами в тканях мозга, печени, селезенки, яичках. Таким образом, электромагнитные поля высокого, ультравысокого и сверхвысокого частотного диапазонов могут привести к неблагоприятным изменениям в организме как подопытных животных, так и человека.

На основании обобщения результатов экспериментальных исследований были разработаны ПДУ (в зависимости от частоты или длины волны) электромагнитной энергии, которые легли в основу "Государственных санитарных норм и правил защиты населения от влияния электромагнитных полей" (1996). В соответствии с этими нормами ПДУ электромагнитной энергии не должны превышать величины, приведенные в табл. 108—110.

Уровни электромагнитных полей в диапазонах частот 9—11 при импульсном излучении на селитебных территориях в районах, где действуют, проектируются и реконструируются радиолокационные средства, а также на территории, предназначенной для перспективного градостроительного освоения в районе действия радиолокационных средств, не должны превышать ПДУ, приведенные в табл. 109.

ПДУ ЭМП, которые создают телевизионные радиостанции в диапазоне частот от 48 до 1000 МГц, определяют по формуле:

$$E_{\text{пду}} = 21f^{-1/2},$$

где $E_{\text{пду}}$ — ПДУ напряженности электрической составляющей ЭМП (В/м²); f — несущая частота оцениваемого канала — канала изображения или звукового сопровождения (МГц).

ТАБЛИЦА 108

ПДУ электромагнитных полей (круглосуточное непрерывное излучение, амплитудная или угловая модуляция)

Диапазон	Метрическое подразделение диапазона	Частота	Длина волн	ПДУ, В/м
5-й	Километровые волны (низкие частоты — НЧ)	30—300 кГц	10—1 км	25
6-й	Гектометровые волны (средние частоты — СЧ)	0,3—3 МГц	1—0,1 км	15
7-й	Декаметровые волны (высокие частоты — ВЧ)	3—30 МГц	100—10 м	3 lgX
8-й	Метровые волны (очень высокие частоты)	30—300 МГц	10—1 м	3

Примечания. 1. Диапазоны частот и длины волн, приведенные в таблице, исключают нижнюю и включают верхнюю границу частоты.

2. ПДУ, приведенные в табл. 108, не распространяются на трансляционные средства радио и телевидения, которые нормируются отдельно.

3. Перерасчет ПДУ в зависимости от продолжительности облучения населения не допускается.

ТАБЛИЦА 109
Предельно допустимые уровни ЭМП, создаваемые радиолокационными станциями
(импульсное излучение)

Назначение РЛС	Диапазон	Длина волн, см	Скорость вращения антенны, об/мин	Продолжи- тельность осмотра, с	Облучение с однопорядковой интенсивностью	Отношение продолжительности облучения к общей продолжительности работы в сутки	ПДУ, мкВт/см ²
Метеорологические РЛС и подобные им по режиму работы	11-й	0,8 ± 0,12	≤ 6	> 10	≤ 0,03 периода осмотра	0,5	140
	10-й	3 ± 0,6	0	Без осмотра	До 12 ч/сут	1	25
			≤ 6	> 10	≤ 0,4 периода осмотра	0,5	60
	9-й	10,0 ± 1,5	0	—	До 12 ч/сут	1	20
	10,0 ± 1,5	≤ 6	> 10	≤ 0,008 периода осмотра	0,5	40	
Смотровые РЛС гражданской авиа- ции и подобные им по режиму работы	9-й	17,0 ± 2,55	0	Без осмотра	До 12 ч/сут	1	24
		10,0 ± 2,0	0	—	До 12 ч/сут	1	12
			≤ 15	≥ 4	≤ 0,0063 периода осмотра	1	15
	9-й	10,0 ± 1,5	≤ 15	≥ 4	≤ 0,004 периода осмотра	1	20
			≤ 15	≥ 4	≤ 0,011 периода осмотра	1	25
Береговые и судовые смотровые РЛС и подобные им по режиму работы	9-й	10,0 ± 1,5	≤ 25	≤ 2,4	≤ 0,006 периода осмотра	1	25
					До 12 ч/сут	1	15
					До 6 ч/сут	1	20

Предельно допустимые уровни ШПЭ, создающие двухканальные метеорологические РЛС (комбинированное излучение)

* Контролируется по ПДУ, установленным для ППЭ, которую создает трисантиметровый канал.

ПДУ ЭМП, создаваемые другими типами станций, которые не вошли в табл. 108—ПО, в том числе радиолокационные средства, работающие в импульсном режиме излучения, временно, т. е. до разработки индивидуальных нормативов, устанавливают в пределах 2,5 мкВт/см², или 3 В/м, как для диапазонов ДВЧ и УВЧ.

При наличии нескольких источников излучения, в том числе работающих в разных радиочастотных диапазонах, уровень ЭМП, создаваемый всеми источниками на границе СЗЗ, должен отвечать следующим требованиям:

$$\frac{E_1}{E_{\text{пду}_1}} + \frac{E_2}{E_{\text{пду}_2}} + \frac{E_n}{E_{\text{пду}_n}} + \dots + \frac{\text{ППЭ}_1}{\text{ППЭ}_{\text{пду}_1}} + \frac{\text{ППЭ}_2}{\text{ППЭ}_{\text{пду}_2}} + \frac{E_n}{E_{\text{пду}_n}} \leq 1,$$

где E_n — напряженность ЭМП, которая создается 1-, 2-, ... n-м источником; $E_{\text{пду}}$ — предельно допустимые уровни напряженности ЭМП для 1-, 2-, ... n-го источника; $\text{ППЭ}_{\text{пду}}$ — предельно допустимые уровни ППЭ для 1-, 2-, ... n-го источника.

На территории, предназначенной для застройки, значения должны быть меньше, а в пределах санитарной зоны — больше единицы.

Мероприятия по защите от электромагнитных излучений. При выборе площадки для размещения радиотехнических объектов (радиостанций, телевизионных ретрансляторов, радиолокационных станций, радиорелейных линий связи и др.) нужно учитывать мощность передатчиков, конструктивные особенности антенн, рельеф местности, функциональное назначение прилегающей территории, этажность застройки. Необходимо следить, чтобы уровень электромагнитной энергии на территории жилой застройки не превышал допустимого уровня (см. табл. 108—ПО).

Методы расчета ожидаемого электромагнитного поля достаточно сложные. Поэтому их должны делать специалисты.

При экспертизе проектных материалов органы санитарной службы должны требовать от проектных организаций результаты расчета напряженности поля для территории на расстоянии до 3000—5000 м от проектируемого радиотехнического объекта с электромагнитным излучением. Следует учитывать сложную (мозаичную) структуру поля возле поверхности земли и сезонную зависимость его интенсивности.

При установке антенн на определенной высоте от поверхности земли в непосредственной близости от метеорологической (радиолокационной) станции образуется зона резкого ослабления поля ("мертвая зона"), где излучения практически не будет. Геометрический расчет свидетельствует, что с подъемом антенны размер "мертвой зоны" увеличивается. Так, если высота антенны равна 5 м, зона ослабления излучения составляет 280 м, а при высоте антенны 15 м — 800 м. Имеет значение и угол наклона антенны.

Защита от электромагнитных полей, создаваемых антенными системами телевизионных центров и ретрансляторов, прежде всего должна обеспечиваться созданием СЗЗ. Их устанавливают в каждом конкретном случае.

СЗЗ считается территория, где на высоте до 2 м от поверхности земли превышены ПДУ ЭМП. Обычно она прилегает к технической территории радиотехнического объекта. Внешняя граница определяется на высоте до 2 м от поверхности земли, где уровни ЭМП равны ПДУ.

СЗЗ для радиотрансляционных станций устанавливают в зависимости от их назначения по радиусу (для радиолокаторов кругового обзора) или по направлению (для однонаправленных и секторальных радиолокаторов) излучения. При этом обязательно учитывают направление антенн в горизонтальной плоскости.

Антенны передающих радиостанций, телецентров, телевизионных ретрансляторов, радиолокационных станций излучают электромагнитную энергию под определенным углом к горизонту. Величина ее зависит от высоты над уровнем земли. Поэтому, кроме СЗЗ, устанавливают зону ограничения застройки дифференцированно по вертикали.

Зоной ограничения застройки является территория, где на высоте более 2 м от поверхности земли превышен ПДУ электромагнитного поля. Внешнюю границу зоны определяют относительно максимальной высоты зданий перспективной застройки на высоте верхнего этажа, где уровни электромагнитного поля не превышают нормативных.

Создание СЗЗ и зон ограничения застройки основывается на расчете распределения уровня электромагнитного поля по длине и высоте. Их размеры зависят от нормативов, суммарной мощности радиотехнических объектов, типа и высоты антенны, рельефа местности и пр.

Расчет границ СЗЗ и зоны ограничения застройки в местах расположения средств телевидения и ЧМ-радиовещания необходимо проводить по методикам, утвержденным МЗ Украины.

Размеры СЗЗ передающих радиостанций, телецентров, телевизионных ретрансляторов и радиолокационных станций могут достигать нескольких десятков, сотен и даже тысяч метров.

Проект планировки СЗЗ радиотехнического объекта разрабатывают одновременно с техническим проектом планировки и застройки прилегающего городского района или его реконструкции. Территория для комплексной организации СЗЗ должна предусматриваться во время выбора площадки для расположения радиотехнических объектов и отвечать проекту генерального плана развития населенного пункта. Графические границы СЗЗ следует перенести на генеральный план развития города, что является основным градостроительным документом.

Наиболее сложным является вопрос защиты населения от влияния электромагнитных полей радиотехнических объектов, расположенных на уже застроенной территории. Так, защита от излучения коротковолновых радиостанций может осуществляться путем экранирования жилья, изменения угла направления антенн, снижения мощности передатчика, вынесения радиостанции за пределы населенного пункта, а жилья — из зоны влияния радиостанции, гашения излучения в заданных направлениях. Целесообразно выносить объекты за пределы селитебной зоны. Но это не всегда возможно из технико-экономических соображений, и в таком случае необходимо применять различные активные и пассивные средства защиты. К активным средствам защиты относятся: снижение мощности передатчиков, изменение конструкций и направленности антенн в вертикальной плоскости. Пассивные методы защиты — это градостроительные и планировочные мероприятия, различные инженерно-строительные конструкции, дающие возможность снизить излучение поверхности земли и создать "радиотень" в зонах пребывания людей.

Один из путей защиты — градостроительная реконструкция прилегающей к источникам излучения территории. Нужно предусмотреть вынесение из СЗЗ жилых и административных зданий, школ, детских учреждений, общежитий, снесение малоценного жилого фонда и обеспечение оставшихся зданий дополнительными средствами защиты. Следует учитывать, что бетонные и кирпичные стены снижают интенсивность электромагнитного излучения на 8—10 дБ (при 10 дБ — в 100 раз), а обычное окно — только на 3—6 дБ. Большое значение имеют и планировочные мероприятия. Эффективным средством снижения напряженности электромагнитного поля внутри зданий является их ориентация глухим торцом в сторону источников излучения электромагнитных волн или возведение домов галерейного типа.

Для защиты от излучения можно использовать экранирование, размещая общественные и административные здания между источником электромагнитных излучений и жилой застройкой. Зеленые насаждения также являются экранами и в некоторой мере снижают напряженность электромагнитных волн. Целесообразно использовать рельеф местности на территориях, расположенных вблизи источников излучения, и возводить жилые здания на участках, где есть "радиотень". Достаточно эффективны также дифракционные экраны. Это вертикальная стенка из материала, который отражает электромагнитные волны, установленная на определенном расстоянии от источника излучения. Эффективность экранов и создаваемая ими "радиотень" зависят от их размеров, расстояния от экрана до источника излучения и длины излучаемых

радиоволн. В качестве материала для экранов используют металлическую сетку или лист. При этом толщина листа не имеет особого значения и определяется, главным образом, исходя из конструктивных соображений. Листы из магнитных металлов действуют эффективнее листов из немагнитных металлов. При этом первые практически полностью защищают от электромагнитных излучений.

В качестве экранов для окон применяют прозрачное стекло с металлизированными пленками. Оно ослабляет электромагнитное поле на 20—25 дБ. Сетчатые экраны из проволоки имеют значительно меньшую эффективность, чем сплошные из металлических листов, которые ослабляют мощность электромагнитного поля на 20—30 дБ (в 100—1000 раз). Также применяют эластичные экраны из специальных тканей, в структуре которых тонкие металлические нитки образуют сетку с ячейками размером 0,5 x 0,5 мм. Они снижают мощность электромагнитного поля на 40—50 дБ.

Санитарно-эпидемиологическая служба контролирует соблюдение ПДУ электромагнитного поля на стадиях проектирования, реконструкции и эксплуатации радиотехнических объектов на прилегающей селитебной территории. В разделе проекта "Мероприятия по охране окружающей среды" должны содержаться результаты расчета границ СЗЗ и зоны ограничения от радиотехнических объектов.

Во время проектирования жилой застройки или отдельных сооружений вблизи источника излучения электромагнитной энергии контроль за соблюдением нормативных величин на территории, отводящейся под строительство, осуществляется на основании расчетного и инструментального методов определения уровня электромагнитного поля. При приемке в эксплуатацию новых или реконструированных радиотехнических объектов уровни электромагнитного поля измеряет ведомственная служба при участии санитарных врачей, а при приемке общественных зданий — представители санитарно-эпидемиологической службы при участии представителей радиотехнического объекта.

Врачи санитарно-эпидемиологической службы проводят подобные измерения в процессе текущего санитарного надзора. На каждый радиотехнический объект, излучающий в окружающую среду электромагнитную энергию, составляют санитарный паспорт, в котором указывают результаты расчетов и измерений электромагнитного поля, соответствие их нормативным требованиям, рекомендации санитарно-эпидемиологической службы и эффективность их выполнения.

Необходимо отметить, что защита населения от вредного воздействия электромагнитных полей является очень актуальным, но еще недостаточно изученным вопросом.

Влияние электрического поля воздушных линий электропередачи (ЛЭП) на человека. Подстанции, приспособления и в первую очередь воздушные ЛЭП создают в окружающей среде электрическое поле, напряженность которого снижается по мере удаления от них. Электрическое поле, в зависимости от его напряженности, может отрицательно воздействовать на человека. Так, напряженность поля 1000 В/м вызывает головную боль и сильное утомление,

более высокие показатели обуславливают развитие невроза, бессонницы, тяжелых недугов. Различают следующие виды воздействия:

1) непосредственное, которое обнаруживается при пребывании в электрическом поле, причем эффект воздействия усиливается с увеличением напряженности поля и продолжительности пребывания в нем;

2) воздействие электрических разрядов (импульсного тока), которые возникают при прикосновении человека к незаземленным конструкциям, корпусам машин и механизмам на пневматическом ходу и протяжным проводникам или к человеку, изолированному от земли, к растениям, заземленным конструкциям и другим заземленным объектам;

3) влияние тока, который проходит сквозь человека, контактирующего с изолированными от земли объектами (крупногабаритными предметами, машинами и механизмами, протяжными проводниками). Это ток стекания.

Специальные исследования показали, что технически наиболее перспективные линии сверхвысокого и ультравысокого напряжения (750—1150 кВ) опасны. Вокруг них образуются напряженные электрические поля, которые отрицательно влияют на организм человека, нарушают природную миграцию животных, процессы роста растений и т. п., особенно при значительном провисании проводов.

Кроме того, электрическое поле может вызвать возгорание или взрыв испарений легковоспламеняющихся веществ вследствие возникновения электрических разрядов во время контакта предметов и людей с машинами и механизмами.

Степень опасности каждого из указанных факторов возрастает с увеличением напряженности электрического поля.

Предельно допустимые уровни напряженности электрического поля.

За ПДУ приняты следующие значения напряженности электрического поля:

- внутри жилых зданий — 0,5 кВ/м;
- на территории зоны жилой застройки — 1 кВ/м; !
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли в пределах города с учетом перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа, в *пределах* поселковой границы и сельских населенных пунктов, в пределах этих пунктов), а также на территории огородов и садов — 5 кВ/м;
- на участках пересечения воздушных линий электропередач с автомобильными дорогами I—IV категории — 10 кВ/м;
- в незаселенной местности (незастроенная территория, которую посещают люди, доступная для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) — 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально отгороженных, куда не имеет доступ население, — 20 кВ/м.

Напряженность электрического поля определяют на высоте 1,8 м от уровня земли, для помещений — от уровня пола. Контроль за соблюдением ПДУ напряженности электрического поля следует осуществлять: по время приемки в эксплуатацию новых зданий, сооружений и зон отдыха; если люди работают

вблизи ЛЭП; после проведения мероприятий по снижению напряженности электрического поля ЛЭП.

Мероприятия по защите от воздействия электрического поля и требования к проведению работ вблизи ЛЭП. С целью защиты населения от влияния электрического поля устанавливают СЗЗ. Это территория, на которой напряженность электрического поля превышает 1 кВ/м. Для воздушных линий ее устанавливают в виде земельного участка, границы которого регламентируют по обе стороны на определенном расстоянии от проекции крайних фазных проводов на землю в перпендикулярном к воздушным линиям направлении: 20 м — для воздушных линий напряжением 330 кВ; 30 м — для воздушных линий напряжением 500 кВ; 40 м — для воздушных линий напряжением 750 кВ (табл. 111); 55 м — для воздушных линий напряжением 1150 кВ. Если напряженность электрического поля превышает ПДУ, нужно принять меры по его снижению.

В местах возможного пребывания человека напряженность электрического поля может быть уменьшена посредством удаления жилой застройки от воздушных линий или наоборот; применения экранов и других средств.

ТАБЛИЦА 111

Охранные и санитарно-защитные зоны воздушных линий электропередач

Тип линии	Напряжение, кВ	Охранная зона, м	Санитарно-защитная зона, м	Расстояние по горизонтали от проекций крайних проводов к наибольшему отклонению до ближайших выступающих частей домов, сооружений и гаражей, м
Воздушные линии	До 20 включительно	10	—	2
	35	15	—	4
	ПО	20	—	4
	150	25	—	5
	220	25	—	6
	330	30	20	8
	500	30	30	—
	750	40	40	—
Кабельная линия электропередачи в почве	До 220 включительно	1	—	—
Кабельная линия электропередачи в воде	До 220 включительно	100	—	—
Трансформаторная подстанция, распределительный пункт, приспособление	До 220 включительно	3 (от ограждения)	—	—
Трансформаторная подстанция	330 и выше	3 (от ограждения)	По результатам замеров	—

Сельскохозяйственные угодья в СЗЗ воздушных линий можно использовать для выращивания сельскохозяйственных культур, не требующих ручной обработки.

Машины и механизмы на пневматическом ходу, находящиеся в СЗЗ воздушных линий, заземляют. Заземлителем может быть металлическая цепь, соединенная с рамой или кузовом и касающаяся земли. Машины и механизмы без крытых металлических кабин, которые используют во время сельскохозяйственных работ в СЗЗ воздушных линий напряжением 750 кВ и выше, должны быть оборудованы экранами для снижения напряженности электрического поля на рабочих местах механизаторов.

На территории СЗЗ воздушных линий напряжением 750 кВ и выше запрещено проводить сельскохозяйственные и другие работы лицам в возрасте до 18 лет.

Требования по расположению воздушных линий. Воздушные ЛЭП напряжением 35 кВ и более нужно располагать за селитебными территориями, а при реконструкции городов вынести за эти границы.

Для воздушных и кабельных ЛЭП, трансформаторных подстанций, распределительных пунктов и приспособлений всех напряжений устанавливают охранные и санитарно-защитные зоны, размеры которых зависят от типа и напряжения энергообъекта.

Охранная зона — это зона вдоль ЛЭП, являющаяся земельным участком и воздушным пространством, ограниченными вертикальными воображаемыми плоскостями, которые отдалены по обе стороны линии от крайних проводов при условии их неотклоненного положения.

В охранных зонах и СЗЗ ЛЭП запрещено строить жилые, общественные здания и дачи, автозаправочные станции или склады горюче-смазочных материалов; оборудовать спортивные площадки, стадионы, рынки, остановки общественного транспорта; останавливать все виды транспорта (кроме железнодорожного) в охранных зонах воздушных линий электропередачи напряжением 330 кВ и более. Располагать любые сооружения в охранных зонах и СЗЗ воздушных линий напряжением 500—750 кВ, а также кабельных линий электропередачи, трансформаторных подстанций, распределительных пунктов и приспособлений всех классов напряжения.

В охранных зонах и СЗЗ воздушных линий напряжением до 330 кВ включительно, если утвержденной градостроительной документацией не предусмотрен иной вид использования этих земель, разрешают возводить производственные здания и сооружения, строить коллективные гаражи и открытые стоянки легковых транспортных средств. При этом расстояние по горизонтали от проекции крайних проводов при их наибольшем отклонении к ближайшим выступающим частям зданий и сооружений должно быть не меньше указанного в табл. 111.

В охранных зонах воздушных линий напряжением 110—220 кВ допускается по техническим условиям собственников этих сетей и органов государственной пожарной охраны строительство коллективных гаражей для легкового

транспорта, производственных зданий из огнеупорных материалов и подъездов к ним в пределах охранной зоны, в том числе и под проводами.

Технические условия должны содержать требования действующих нормативных актов по строительству, эксплуатации, охране, пожарной и электрической безопасности энергообъектов.

Трассы проектируемых и сооружаемых воздушных линий нужно выбирать так, чтобы объекты не оказались в пределах СЗЗ или были вынесены за эти пределы. Ближайшее расстояние от оси проектируемых воздушных линий напряжением 750—1150 кВ до границы населенных пунктов должно составлять: не менее 250 м — для воздушных линий напряжением 750 кВ; 300 м — для воздушных линий напряжением 1150 кВ. Если воздушные линии напряжением 750—1150 кВ проходят по пересеченной местности, расстояние можно сократить, но не дальше границы СЗЗ. Если воздушные линии напряжением 330—750 кВ проходят возле сельских населенных пунктов, в исключительных случаях можно уменьшить расстояние или разрешить пересечение указанных пунктов при условии, что напряженность электрического поля под проводами не будет превышать 5 кВ/м; жилая застройка не попадет в границы СЗЗ; заземлены металлические ограждения и кровля нежилых зданий, расположенных в СЗЗ.

РАЗДЕЛ
VI
**ГИГИЕНА ЖИЛЫХ
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ**

Гигиена жилых и общественных зданий — это комплекс мероприятий (законодательных, архитектурно-планировочных, санитарно-технических, технологических, научно-гигиенических), направленных на создание безопасных для здоровья человека условий пребывания в жилых и общественных зданиях.

**Социально-гигиеническое
значение жилища**

Жилищная проблема — одна из наиболее острых проблем. Потребность в жилище является естественной для человека. Это одна из трех материальных предпосылок, обеспечивающих не только нормальные условия существования человека, но и его активное участие в производственной, общественной и культурной жизни общества.

Во все периоды развития человеческого общества жилище в зависимости от социального строя, природных и климатических условий, благосостояния населения, выработанных веками вкусов и традиций имело разный внешний вид, внутреннюю планировку и оборудование. Социальная структура, технические и экономические возможности, эстетические и культурные потребности изменялись вместе с внешним видом жилища и его предназначением.

Главным предназначением жилища всегда была и остается защита людей, т. е. охрана их здоровья от неблагоприятных метеорологических факторов (холода, жары, ветра, атмосферных осадков). Для первобытного человека жилище служило лишь защитой от неблагоприятных метеорологических условий. Ныне оно стало еще и местом отдыха, учебы, работы и пр.

Жилище как искусственно созданная человеком природная среда принадлежит к социальным факторам, так как условия проживания вместе с условиями труда и питания определяют состояние здоровья населения. Объяснить это можно тем, что свыше 2/3 жизни человек проводит в жилых и общественных зданиях. А в эпоху научно-технического прогресса еще больше, за исключением разве что выходных дней и отпуска. По статистике человек 8 ч спит, 8 ч рабо-

тает в учреждениях или на предприятиях, почти 6 ч занимается домашними делами, посещает театр, кино, смотрит телепередачи и лишь 2 ч проводит на свежем воздухе.

Комфортное жилище положительно влияет на здоровье населения, его трудоспособность и эмоциональное состояние, и, наоборот, жилище, не отвечающее гигиеническим требованиям, разрушает здоровье. *Поэтому одной из задач гигиены жилых и общественных зданий и сооружений является изучение влияния жилищных условий на здоровье населения в целях научного обоснования гигиенических нормативов.* Что же это за условия и факторы, при которых жилье, главное предназначение которого состоит в охране человека от неблагоприятных воздействий, вдруг становится опасным для здоровья человека?

Все факторы, влияющие на человека в закрытых помещениях, по происхождению можно разделить на химические, физические и биологические.

Химические факторы. В результате современных методов исследования (хромато-масспектрометрии, газовой хроматографии и колориметрии) в воздухе закрытых помещений установлена многокомпонентность химического загрязнения. Идентифицированы 45 (в жилых комнатах) и 70 (на кухнях) соединений (Ю.Д. Губернский, 1991). Во-первых, это *антропотоксины* — токсические вещества, выделяемые самим человеком. Их насчитывают свыше 25. К ним относятся ацетон, диметиламин, сероводород, фенол, уксусная кислота, азота оксиды, крезол, бензол, гексан, бутан, этилена оксид, винилацетон, бутадион, хинолин, аммиак, уголекислота и др. Количество указанных соединений в воздухе помещений зависит от продолжительности пребывания человека в помещении и эффективности работы вентиляционных систем.

Во-вторых, это *полициклические углеводороды*, образующиеся в процессе сжигания топлива в квартире (большинство из них — канцерогены); *угарный газ* (СО); *поверхностно-активные вещества* (ПАВ) моющих средств; *препараты бытовой химии* — инсектициды, лаки, дезодоранты и др. Исследования, проведенные учеными Института гигиены и медицинской экологии АМН Украины, позволили идентифицировать в составе химического загрязнения жилых и общественных зданий около 10% соединений II класса опасности, до 17% — III и такое же количество соединений IV класса. Приблизительно для 50% веществ класс опасности не установлен.

Большинство жилых и общественных помещений в Украине недостаточно изолированы от внешнего воздуха. Поэтому в них содержатся различные *атмосферные загрязнения*. Так, в квартирах, расположенных на нижних этажах и ориентированных окнами на транспортные магистрали, в воздухе определяются высокие концентрации пыли. Установлено, что отношение атмосферного сероуглерода, сероводорода, серы диоксида, азота диоксида к их концентрации в помещении составляет 86, 86, 122, 185% соответственно. При этом содержание сероуглерода в воздухе квартир в 42% проб, а серы диоксида — в 61% превышало среднесуточную ПДК для атмосферного воздуха населенных мест. В зависимости от метеофакторов, расположения квартиры по вертикали здания, а также объемно-пространственных характеристик помещений в воз-

дух квартиры поступает от 86% до 100% химических загрязнений атмосферного воздуха.

Важной остается проблема загрязнения помещений *табачным дымом*. Установлено, что в дыме сигарет содержится почти 4000 разных соединений. Особо опасны из них углерода оксид, синильная кислота, водорода цианид, 3,4-бензпирен, никотин и др. Известно, что во время курения 25% вредных веществ сгорает, 25% усваивается организмом курильщика, а 50% загрязняет воздух помещений. Пребывание в таком помещении в течение 1 ч равноценно выкуриванию 4 сигарет.

У детей, подверженных влиянию продуктов курения, ухудшается функция легких. Они чаще болеют острыми респираторными вирусными инфекциями верхних дыхательных путей (ОРВИ) и ювенильными формами бронхиальной астмы. У 2/3 детей приступы бронхиальной астмы начинаются в то время, когда они дышат воздухом, содержащим дым. У детей старшего возраста повышается риск заболевания лейкемией и развития лимфомы.

В последнее время во многих странах мира большое внимание привлекают проблемы загрязнения воздуха помещений формальдегидом, хлорорганическими и другими соединениями, содержащимися в *строительных материалах*. Установлено, что лишь синтетические полимерные материалы, используемые в строительстве, выделяют свыше 40 соединений, являющихся аллергенами, 60% из них оказывают сенсibiliзирующее действие. Даже небольшие количества химических веществ, выделяющихся из полимерных материалов, могут вызвать нарушения в состоянии организма. Многим известны так называемые фенольные дома. Но не только фенол является загрязнителем воздуха. Например, формальдегид (II класс опасности) также внесен в список вероятно канцерогенных веществ. Это хронический токсин, который отрицательно влияет на хромосомы половых и соматических клеток, обуславливая наследственную генетическую и хромосомную мутацию. Он действует на дыхательные пути, глаза, кожу, репродуктивные органы. Источником формальдегида в помещении могут быть древесно-стружечные материалы, полимерные материалы для облицовки пола, стен, декоративный слоистый пластик, декоративная фанера и др.

Обеспокоенность ученых вызывает использование асбеста для изготовления стеновых, облицовочных материалов, труб, бумаги и др. Поэтому в Германии специальным постановлением (1990 г.) асбест переведен из II группы вредных веществ в I, что запрещает его использование в жилищном строительстве.

Антисептические препараты, используемые для обработки строительных материалов, также могут выделять разнообразные химические соединения с канцерогенным, мутагенным, тератогенным действием.

Неудовлетворительное состояние санитарно-технического оборудования жилого фонда Украины, а также высокие уровни атмосферного загрязнения, широкое использование в быту химических веществ и газа отрицательно влияют на внутреннюю среду жилых и общественных помещений. Суммарное загрязнение воздуха помещений химическими веществами вследствие применения при строительстве синтетических материалов, использования моющих

средств и пр. превышает загрязнение атмосферного воздуха в 2—4 раза, а отдельными токсическими веществами — до 10 раз.

Ю.Д. Губернский (1987) установил, что среди причин, вызывающих бронхиальную астму и астматический бронхит, удельный вес химических аллергенов жилища составляет 26,9%, комнатной пыли — 22,6%, переохлаждения — 18,9%, других аллергенов — 31,6%.

Физические факторы. К ним относят: низкую или высокую температуру, большую скорость движения воздуха; высокую или низкую влажность воздуха; низкую или высокую радиационную температуру ограждающих конструкций; шум; вибрацию; электромагнитные и электрические поля разной частоты (телевизор, радиоаппаратура, микроволновые печи и др.); статическое электричество; освещение; ультра- и инфразвуки; аэроионизацию; повышенную радиоактивность строительных материалов и др.

Низкая температура помещений приводит к переохлаждению организма, способствуя увеличению количества случаев простудных заболеваний.

Низкая влажность воздуха помещений способствует росту заболеваемости верхних дыхательных путей, повышает ломкость волос, слущивание кожи, приводит к накоплению статического электричества. Высокая влажность его, особенно зимой, создает условия для развития пылевых клещей, микроорганизмов, плесени.

В последние 10—15 лет обнаружили, что пребывание людей в помещениях с высокими уровнями электрического и магнитного полей приводит к повышению риска возникновения лейкоза и злокачественных опухолей. Поэтому системы электропитания зданий (распределительные щиты, трансформаторы, основные сети электропитания и т. п.) необходимо размещать как можно дальше от жилых помещений особенно спален, где человек проводит много времени.

Чрезмерное увлечение электробытовыми приборами способствует появлению в квартирах так называемого электросмога (высокий уровень электромагнитного поля отрицательно влияет на здоровье жителей). Электросмог — это не только головная боль, стресс, аллергия, бессонница, сердечная аритмия, но и несчастные случаи, катастрофы.

Весомым природным источником ионизирующего излучения является *радон*. Вследствие эмиссии от земной поверхности он может накапливаться в плохо вентилируемых помещениях. Источником радона и дочерних продуктов могут быть вода и газ. Поэтому концентрации радона в воздухе жилых помещений первых этажей зданий, а также ванных комнат и кухонь в 8 раз выше, чем снаружи.

Проблемой накопления радона в помещениях, где постоянно или временно находятся люди, ныне обеспокоены ученые многих стран мира. Только в 1985—1988 гг. в США было потрачено 30 млн. долларов на изучение аспектов влияния радона на организм человека.

Достаточно высокие уровни радиации могут давать глинозем, продукты переработки фосфорных руд — силикатный шлак, фосфогипс. Их используют для изготовления строительных блоков. Особенно это актуально после аварии на Чернобыльской АЭС.

Относительно недавно обнаружили, что стены домов из бетона, шлакобетона, полимербетона также являются источниками радиации (выделяют радиоактивный радон свыше 50 мкР/ч).

Украина относится к странам с высоким уровнем облучения радоном. Поэтому, начиная с 1992 г., проводится контроль за жилым фондом, вводимым в эксплуатацию, на эквивалентную равнозначную объемную активность (ЭРОА) радона-222, которая согласно НРБУ-97 не должна превышать 50 Бк/м³, для уже заселенных зданий — 100 Бк/м³. Это дало возможность выявить радоноопасные территории Украины (Кировоградская область, юг Киевской области), установить средневзвешенные ЭРОА: для одноэтажных домов сельского типа — 92 Бк/м³, для первого этажа многоэтажек — 48 Бк/м³, для этажей выше первого — 22 Бк/м³. Средние значения ЭРОА радона в одном и том же населенном пункте могут отличаться более чем 100 раз. По результатам этих исследований были внесены изменения в строительные нормы и правила, которые обязывают проектные организации закладывать в проекты детских дошкольных учреждений и школ комплексы противорадиационных мероприятий.

Биологические факторы. К ним относятся патогенные микроорганизмы, в частности золотистый и гемолитический стрептококки, возбудители дифтерии, скарлатины, коклюша, туберкулеза, вирусы гриппа, кори, коревой краснухи, яйца гельминтов, биопрепараты, комнатные грибы, пылевые клещи. Воздух жилища загрязняют домашние животные (собаки, коты, грызуны). Чешуйки кожи, шерсть, слюна и моча домашних животных выделяют аллергены.

Споры и продукты разложения грибов могут вызвать аллергические болезни. В результате исследований установлено, что в 60—70% городских квартир содержатся пылевые клещи, которые живут в матрацах. Их фекалии оказывают аллергическое действие. В научной литературе отмечается прямая зависимость между бронхиальной астмой и пылевыми клещами.

Ю.Д. Губернский классифицирует неблагоприятные факторы жилища по степени опасности на 2 группы:

1) факторы, действительно являющиеся причиной заболевания. Это асбест, формальдегид, аллергены, бенз(я)пирен, т. е. группа "абсолютных" причин;

2) факторы, не являющиеся прямой причиной заболевания, но в некоторых условиях приобретающие определенные свойства, обуславливающие недуги. Это микробное, химическое, пылевое загрязнение воздуха помещений и т. п.

Действие физических, химических и биологических факторов особенно может проявиться в определенных **социальных условиях**.

К социальным условиям, которые влияют на состояние здоровья человека, относится, прежде всего, *перенаселенность жилищ*. В скученных, плохо проветриваемых жилых и общественных помещениях складываются наиболее благоприятные условия для заражения человека воздушно-капельными инфекциями. И чем больше перенаселено жилище, тем благоприятнее условия для заражения, выше уровень заболеваемости, смертности. Наилучшей иллюстрацией такого состояния являются исследования А.А. Райского (табл. 112). Так, при плотности заселения 1,3 жителя в одной комнате смертность от туберкулеза

ТАБЛИЦА 112
Изменения показателя
смертности населения от
туберкулеза в зависимости
от плотности заселения
(А.А. Райский)

жителей в комнате	Смертность от туберкулеза
1,3	12,1
1,6	20,0
1,9	20,5
2,4	27,9
2,9	31,7
4,0	39,8

в Петербурге в 1895—1904 гг. составляла в среднем 12,1 на 10 000 населения. При заселении одной комнаты 4 лицами и более этот показатель достигал 39,8.

Исследования, проведенные во Франции, показали, что у лиц, проживающих в комнате поодиночке или вдвоем, продолжительность жизни была на 8 лет больше, чем у тех, кто был вынужден жить втроем-вчетвером.

В настоящее время третья часть населения Украины проживает в неудовлетворительных условиях (общежитиях, коммунальных квартирах) или не имеет жилища. Экспериментально подтверждено, что наиболее чувствительны к жилищным условиям дети и люди пожилого возраста. Дети

дошкольного возраста, не посещающие детские заведения и проживающие в условиях, не отвечающих гигиеническим требованиям, в большинстве случаев (52,6%) склонны к респираторным заболеваниям, а люди пожилого возраста — к поражению системы кровообращения (67,4%).

На заболеваемость и смертность, а также возникновение ряда болезней влияют и другие условия. Так, у людей, проживающих в *холодных, сырых помещениях, в подвалах и полуподвалах*, чаще диагностируют ОРВИ, ревматизм, и, как следствие, — сердечно-сосудистые заболевания. Доказана также зависимость между влажностью помещений и аллергическими заболеваниями у детей и взрослых.

У взрослых, проживающих в *перегретых* жилых помещениях, чаще отмечают сердечно-сосудистые заболевания, а у детей чаще возникают диспепсии.

Дискомфортный микроклимат обуславливает длительное напряжение процессов терморегуляции человека, что приводит к ослаблению общей сопротивляемости организма, снижению его иммунного потенциала.

В темных, *плохо инсолированных квартирах* дети чаще болеют рахитом. Причиной этой болезни является D-гипо- или D-авитаминоз. Витамин D принимает участие в кальциево-фосфорном обмене. При D-авитаминозе содержание Са и Р в костях снижается. В результате этого у детей швы черепа и роднички долго не зарастают, кости конечностей слишком гибкие и под массой тела искривляются.

В организм человека витамин D поступает в виде готовой формы или провитамина (эргостерина). Последний может превращаться в витамин D лишь при облучении кожи солнечным светом. При этом происходит фотохимическая реакция, которая лежит в основе синтеза витамина D из эргостерина.

Продолжительное пребывание в помещениях, так называемый комнатный образ жизни, приводит к тому, что человек лишается тонизирующего и тренирующего влияния внешних климатических факторов. Они динамичны во времени и пространстве, раздражают терморепцепторы, что в свою очередь влияет на теплопродукцию и теплообмен, закаляет организм человека. Поэтому люди,

ведущие "комнатную жизнь", чувствительны к перепадам температур, часто простуживаются.

В квартирах, где шум и вибрация превышают допустимые гигиенические нормативы, у людей чаще развиваются гипертоническая болезнь, которая имеет более тяжелое течение, и другие сердечно-сосудистые заболевания. Чаще всего у них возникают неврит и невроз, снижается работоспособность.

В старых, недостаточно благоустроенных зданиях заболеваемость населения в 2—3 раза выше, чем в новых домах. Это подтверждают данные Ф.С. Эпштейна (1964; табл. 113).

Открытое сжигание газа в несовершенных горелках может привести к хроническому карбоксикозу (патогенез — см. с. 583).

На заболеваемость верхних дыхательных путей влияет и этажность. Так, результаты изучения поражения верхних дыхательных путей населения, проживающего в многоэтажных зданиях (А.А. Шафир, 1971), свидетельствуют, что физические свойства и химический состав воздуха жилых зданий на верхних этажах постепенно ухудшаются. Повышаются его температура, влажность, концентрация CO , CO_2 и пыли. Причиной этого, по данным Л.И. Литвиновой, Н.М. Янко (1990), является то, что на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации зданий недостаточно учтены аэродинамические свойства многоэтажек. Авторы изучали уровни заболеваемости ОРВИ, гриппом, ларингитом, ангиной и т. д. у населения, проживавшего в разноэтажных домах (табл. 114).

Аналогичные данные были получены В.А. Рудейко (1958). Он установил, что уровень заболеваемости инфекциями верхних дыхательных путей среди жителей 2—3-го этажей составляет 410 случаев на 1000 жителей, тогда как 10—12-го этажей — 580.

Исследования В.А. Рудейко (1962) показали зависимость заболеваемости детей дошкольного возраста от ориентации комнат, кухни и жилой площади на одного жителя. Так, заболеваемость детей в возрасте до 1 года при ориентации комнат на юг была на 14% меньше, чем при северной ориентации. Это объясняется тем, что комнаты с южной ориентацией лучше инсолируются, туда попадает больше ультрафиолетовых лучей. Известно,

ТАБЛИЦА 113
Заболеваемость взрослого населения, проживающего в старом и новом жилом фонде, за 3 года (1946—1949 гг.)

Перечень болезней	Микрорайон с новым жилым фондом *	Микрорайон со старым жилым фондом
Неврит и невралгия	100	205
Пневмонии	100	342,8
Хронические недуги	100	178,5
Поражение костной системы, суставов и мышц	100	157
Болезни кожи	100	160,8

* Приняты за 100%.

ТАБЛИЦА 114
Уровень заболеваемости населения, проживавшего в разноэтажных домах (Л.И. Литвинова, Н.М. Янко, 1990)

Количество этажей	Поражение верхних дыхательных путей (на 100 жителей)
До 3	40—46
3—6	45—50
6—9	50—55
9—12	55—60

школ-интернатов). Максимальные уровни звука в этих помещениях не должны превышать 45 дБ А и 55 дБ А соответственно. Это является профилактикой неврита, невроза, артериальной гипертензии, психических заболеваний, бессонницы.

6. Не оказывать канцерогенного, аллергенного, тератогенного, мутагенного и токсического влияния на организм человека. Содержание токсических веществ в воздухе жилища не должно превышать ПДК. Выполнение этого условия является профилактикой аллергии, онкологических и других болезней.

7. Быть красивым, иметь надлежащий интерьер, санитарно-техническое оборудование. Это является профилактикой психических расстройств и инфекционной патологии.

8. Быть в меру изолированным от улицы.

9. Стать местом для нормального отдыха, восстановления сил, воспитания детей, культурным очагом (просмотра и прослушивания теле-, радиопередач).

10. Быть приспособленным для выполнения бытовых процедур, отдельных видов работ.

Выполнить эти гигиенические требования возможно только при соблюдении определенных внешних и внутренних условий, от которых зависит гигиеническое состояние жилища.

К внешним условиям относятся погодно-климатические; планировка и застройка населенного пункта; характер застройки; расположение земельного участка, отводимого под строительство жилища, в плане населенного пункта; свойства земельного участка; ориентация здания; тип здания и др.

Внутренними условиями являются планировка здания, квартиры, состав помещений и их взаиморасположение, размеры помещений, состав семьи, свойства строительных материалов и конструкций, микроклимат, качество воздушной среды, степень санитарного благоустройства, правильность устройства и эксплуатации санитарно-технических приспособлений и т. д.

Гигиенические требования к внешним факторам, влияющим на условия проживания населения

Требования к земельному участку, отводимому под строительство жилых домов. Должны быть направлены на устранение неблагоприятного влияния факторов окружающей среды (физических, химических, биологических) на состояние здоровья населения и санитарно-бытовые условия проживания.

Под жилые здания отводят участки, наиболее благоприятные в природном отношении: расположенные на возвышенностях, вдали от источников шума, технологических выбросов, выхлопных газов автотранспорта; прилегающие к водоемам, зеленым массивам; имеющие удобные подъездные пути, связь с местом работы, культурно-бытовыми объектами.

Одним из важных этапов предупредительного санитарного надзора, в котором обязательно принимает участие врач-гигиенист, является выбор и отвод

земельного участка под строительство. Земельный участок, отводимый под строительство жилых и общественных зданий, должен отвечать следующим *гигиеническим требованиям*.

1. Быть достаточного размера, который позволит, кроме жилого дома, оборудовать на нем детские и спортивные площадки, посадить деревья и кусты, а в сельской местности — построить хозяйственные помещения, разместить приусадебный земельный участок.

Плотность застройки земельного участка зависит от этажности здания и не должна превышать 26%:

Количество этажей	2—3	4	5	6	7	8	9 и больше
Плотность застройки, %	26	22	21	20	19	18	17

Для 16- и 9-этажных зданий оптимальная плотность застройки должна соответствовать 12,5 и 15%.

2. Иметь хорошо фильтрующую незагрязненную почву. От этого в значительной степени зависит микроклимат помещений, особенно комнат, расположенных на первом этаже. Гигиеническое значение этого требования состоит в том, что хорошо проницаемые для воздуха и влаги почвы всегда сухие. В таких почвах хорошо происходят процессы самоочищения.

3. Иметь низкий уровень стояния грунтовых вод, не ближе 1,5 м от поверхности земли и 1 м от подошвы фундамента. В противном случае необходимо проводить мероприятия по снижению их уровня. При несоблюдении этого требования жилище будет влажным и холодным. Для предупреждения проникновения в помещение почвенной влаги необходимо предусмотреть горизонтальную и вертикальную гидроизоляцию фундамента.

4. Должен располагаться в хорошо освещенной солнцем и доступной проветриванию местности. Выполнение этого требования будет способствовать надлежащему естественному освещению и проветриванию помещений. Расстояние между жилыми зданиями, жилыми и общественными, а также производственными следует определять исходя из данных о продолжительности их инсоляции. Расстояние между фасадами (длинными сторонами) 2—3-этажных жилых зданий должно быть не менее 15 м, между фасадами зданий высотой в 4 этажа и более — 20 м. Расстояние между торцами зданий, имеющих окна жилых комнат, должно быть не менее 15 м. При расположении 9—16-этажек рядом с домами усадебного типа, расстояние между их фасадами должно составлять не менее одной высоты многоэтажного здания.

5. Иметь хороший естественный или легко осуществимый путем вертикальной планировки уклон, благоприятный для стока атмосферных вод, устройства водопроводной и канализационной сетей, движения транспорта. Наиболее благоприятным считается спокойный малопересеченный рельеф с уклоном 1—6%, пригодным для строительства — до 10%, ограничено пригодным — 10—20% (в горной местности — до 30%). Уклон свыше 20—30% считается непригодным.

6. Иметь достаточные санитарно-защитные разрывы, установленные санитарным законодательством, от возможных источников загрязнения почвы, атмо-

сферного воздуха. Например, дворовые и общественные туалеты в неканализованных зданиях, площадки для стационарных мусоросборников устраивают на расстоянии не ближе 20 м от окон и дверей здания.

Сведения о других санитарно-защитных разрывах от источников загрязнения почвы, воды, атмосферного воздуха, шума приведены в "Государственных санитарных правилах планировки и застройки населенных пунктов", утвержденных МЗ Украины приказом № 173 от 19.06.1996 г.

Жилые дома с квартирами на первом этаже нужно строить с отступом от "красной" линии (внешней границы улицы) не менее чем 2 м (в сельской местности — не менее 6 м). По "красной" линии допускается размещать жилые дома со встроенными (на первых этажах) помещениями общественного назначения, а также на улицах при условии реконструкции застройки.

7. Быть удобным для прокладывания водопровода, канализации, газовой и электросети, для подъезда транспорта. Если в населенном пункте канализация отсутствует, земельный участок должен быть достаточным для устройства местных очистных сооружений.

8. Быть максимально озелененным. В общем балансе площади парков, садов зеленые насаждения должны составлять не менее 40%. На 1 человека должно приходиться не менее 6 м² площади зеленых насаждений территории жилого квартала (без учета площади озеленения школ и детских дошкольных заведений).

9. Входить в состав территории, отводимой по генеральному плану развития населенного пункта под жилую застройку.

Выбор и отвод земельного участка с его санитарной оценкой оформляют в виде "Заключения №... по выбору (отводу) земельного участка под застройку", форма 301/У. В этом документе врач-гигиенист должен изложить свои замечания относительно пригодности участка, если необходимо, наметить мероприятия по его оздоровлению. Перед выдачей такого документа обязательно следует узнать, какие объекты на нем будут строиться (5-, 9-, 16-этажный дом), чтобы учесть условия инсоляции и возможность затенения.

Ориентация зданий. Ориентация зданий и помещений существенно влияет на условия инсоляции, уровни естественного освещения и микроклимат. Различают несколько видов ориентации (рис. 107).

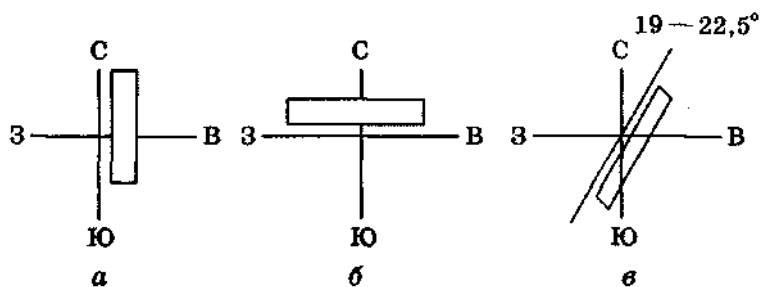


Рис. 107. Виды ориентации зданий:

а — меридиональная; б — экваториальная; в — по гелиотермической оси

Меридиональная — длинная ось здания расположена по меридиану или параллельно ему. При такой ориентации один фасад будет ориентирован на запад, другой — на восток. Этот вид ориентации рекомендуется для умеренного климатического пояса (II пояс). Украина в основном относится к III поясу, лишь юг Крыма — к IV. В теплом и жарком климатических поясах (III—IV) комнаты фасада, обращенные на запад, будут перегреваться, а это нежелательно для спальных помещений.

Экваториальная, или широтная, ориентация — длинная ось здания расположена по экватору или параллельно ему. При такой ориентации один фасад будет ориентирован соответственно на север, второй — на юг. Широко используют на севере (севернее 60°) и юге (южнее 45°). При этом южные фасады получают максимальное количество солнечных лучей, а летом даже северные фасады хорошо освещаются с северо-востока и северо-запада лучами еще не заходящего солнца. В южных широтах экваториальная ориентация определяется по другим соображениям. Летом на юге стоящее высоко над горизонтом полуденное солнце не будет облучать южные фасады прямым светом. Неинсолированные северные фасады обеспечат желательной прохладой. Зимой низко стоящее солнце хорошо обогреет южные фасады здания.

Диагональная — длинная ось здания расположена под углом к меридиану. Одной из разновидностей диагональной ориентации является расположение здания по гелиотермической оси. Это такая ориентация, когда длинная ось здания отклонена от меридиана по ходу часовой стрелки на восток на $19\text{--}22,5^\circ$. При такой ориентации световые и тепловые условия для обоих фасадов сравниваются. Используют в средних широтах, теплом и жарком климатическом поясах.

В отношении инсоляции и ориентации жилых зданий по сторонам света действует общее требование: все жилые помещения должны ориентироваться на южные румбы, а вспомогательные — на северные. Ограничение возможно лишь в тех случаях, если ориентация на юг может привести к перегреву помещений. Каждая ориентация имеет свои преимущества и недостатки. Недостатки в разных климатических зонах выражены по-разному.

В качестве примера приведем те ориентации зданий, которые запрещены санитарным законодательством с точки зрения возможного перегрева помещений или недостаточной инсоляции в том или ином климатическом поясе. Так, ориентация квартир с односторонним выходом окон на сектор $310\text{--}50^\circ$ недопустима для всех поясов. Для III и IV климатических поясов недопустима ориентация квартир с односторонним выходом окон на сектор $200\text{--}290^\circ$, так как будут перегреваться помещения. Ориентация на сектор $290\text{--}70^\circ$ ограниченно пригодна для двухкомнатных и многокомнатных квартир (рис. 108).

В III и IV климатических поясах необходимо защищать здания и территории от перегрева посредством свободной застройки, озеленения, использования солнцезащитных средств.

Государственными строительными нормами "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" определены такие ориентация и размещение на местности жилых и общественных зданий (за исключе-

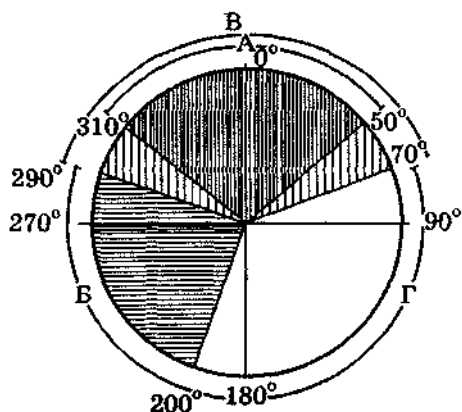


Рис. 108. Ориентация жилых помещений по сторонам света (схема).

Сектор А (310—50°) — недопустимая ориентация квартир с односторонним выходом окон для всех климатических районов; сектор Б (200—290°) — недопустимая ориентация тех же квартир для III и IV климатических районов; сектор В (290—70°) — ограниченная ориентация для двух- и многокомнатных квартир; сектор Г (70—200°) — без ограничений

нием детских дошкольных учреждений, школ, школ-интернатов, учреждений здравоохранения и отдыха), которые обеспечивали бы непрерывную инсоляцию жилых помещений и территории в период 22 марта — 22 сентября южнее 58° северной широты продолжительностью не менее 2,5 ч/сут.

Расположение и ориентация зданий детских дошкольных учреждений, общеобразовательных школ, школ-интернатов, учреждений здравоохранения и отдыха должны обеспечивать непрерывную трехчасовую инсоляцию в помещениях.

Нормированная продолжительность инсоляции должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате одно-, трехкомнатных квартир и не менее чем в двух комнатах четырех-, пяти-, шестикомнатных квартир, а в спальнях общежития — не менее чем в 60% комнат.

В жилых зданиях меридиональной ориентации, где инсолируются все комнаты, а также в случае реконструкции жилой застройки или при расположении нового строительства в особо сложных градостроительных условиях (исторически ценная городская среда, дорогостоящая подготовка территории, зона общегородского районного центра) допускается сокращение продолжительности инсоляции помещений на 0,5 ч.

Для обеспечения нормированной продолжительности инсоляции жилых помещений важно, чтобы они не затенялись соседними зданиями. Поэтому расстояние между длинными сторонами зданий должно быть не менее 2—2,5 их высоты.

Типы жилых зданий. В практике жилищного строительства выделяют несколько классификаций жилищ:

- 1) одно-, двухквартирный одноэтажный дом;
- 2) одно-, двухквартирный двухэтажный дом (коттедж);
- 3) многоквартирный малоэтажный дом (1—2 этажа);
- 4) многоквартирный многоэтажный дом (3—5 этажей и более);
- 5) многоэтажный дом гостиничного типа;
- 6) общежития для работников и студентов.

Кроме этой классификации, жилье по назначению можно разделить следующим образом:

1. Дома с квартирами:
 - а) секционного типа (мало- и многоквартирные);
 - б) галерейного типа;
 - в) гостиничного, или коридорного, типа.

2. Общежития.

3. Гостиницы.

4. Временное жилье в районах новостроек (бараки, казармы и др.).

По градостроительным признакам здания распределяют на рядовые или здание-пластину; здание-башню.

По форме плана здания классифицируют на: 1) прямоугольные; б) П-образные; в) с криволинейными очертаниями; г) сложной конфигурации.

Наиболее распространены секционные дома. Дома-башни можно охарактеризовать как градостроительный акцент. Что касается этажности зданий, то в Украине высота зданий не превышает 27 этажей. В столице Украины г. Киеве осуществляется экспериментальное строительство группы жилых зданий высотой в 36 этажей. В США и других странах имеются 60-, 70- и даже 100-этажные здания. В книге рекордов Гиннеса зарегистрирован небоскреб-гигант (130 этажей, высота 560 м).

При определении этажности здания учитывают все надземные этажи, в том числе технический, мансардный, а также цокольный, если верх его перекрытия расположен выше планировочной отметки земли не менее чем на 2 м.

Надземные — это такие этажи, отметка пола которых находится не ниже планировочной отметки земли, или отмостки.

Цокольный этаж — это такой этаж, в котором отметка пола расположена ниже планировочной отметки, но не более чем на половину высоты помещения.

Подвальные помещения — помещения, в которых отметка пола находится ниже планировочной отметки, или отмостки, более чем на половину высоты помещения. Оборудование жилых помещений в подвальных и цокольных помещениях запрещено санитарным законодательством.

Гигиеническая характеристика типов жилых зданий. Остановимся на характеристике одно-, двухквартирных 1-, 2-этажных зданий. Этот вид жилищ типичен для районов индивидуальной застройки городов, пригородной зоны, а также является основным типом жилья в сельской местности. Кроме того, ныне, когда наша страна переходит к рыночным отношениям, уменьшается уровень государственного строительства и, как никогда, возрастает уровень индивидуального строительства жилья.

Правда, в сельской местности, кроме названных выше домов с приусадебными участками, строят и многоэтажные сблокированные дома с земельными участками, а также секционные дома до 4 этажей.

Размеры приусадебного участка обуславливаются заданием на проектирование в соответствии с местными условиями и действующим законодательством. На приусадебном участке предусматривается расположение хозяйственных построек. В этом случае важно соблюдение санитарных разрывов. В соответствии с санитарными требованиями, строения для содержания животных и птицы должны сооружаться в глубине двора, не ближе 12 м от окон жилого дома, в том числе и соседних усадеб; дворовые уборные, очистные сооружения канализации, площадки для компоста — не ближе 15 м.

Одной из разновидностей индивидуального одноквартирного дома является *коттедж*. Слово "коттедж" происходит от англ. *cottage* — небольшой

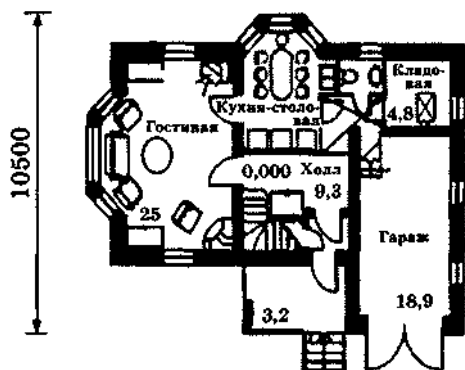
Рис. 109. Жилой дом (коттедж):
а — общий вид дома;

б — план первого этажа;

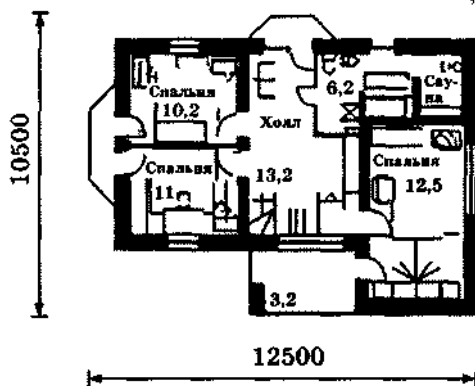
в — план второго этажа



а



б



в

пригородный дом на одну семью (рис. 109). Обычно это 2-этажное здание, где вторым этажом является мансарда. Помещение на чердаке получило название "мансарда" в честь французского архитектора Mansard, представителя французского классицизма XVII в., автора известного французского замка Ме он эпохи Возрождения и монастыря с церковью Валь де Грас в Париже. С гигиенической точки зрения, мансарда как жилое помещение получила отрицательную оценку, так как имеет такие недостатки:

1) суточные колебания температуры зимой достигают 7°C и более. Температурный перепад по вертикали составляет $6-10^{\circ}\text{C}$ вместо $2-3^{\circ}\text{C}$. Летом возможен перегрев ($26-30^{\circ}\text{C}$);

2) недостаточное естественное освещение (СК $1:10-1:13$). *тищи*

Поэтому в многоэтажных домах мансарды не устраивают, но их широко применяют при сооружении коттеджей. Исследования, проведенные в Украинском гигиеническом центре, дали возможность положительно оценить микроклимат мансард. Опрос населения (Западная Украина, Киев, Харьков, Донбасс) показал, что оно удовлетворено мансардными помещениями, используемыми в качестве жилища. Мансарды устраивают в индивидуальных 1- и 2-этажных домах в умеренном и теплом климатическом поясах. Их следует ориентиро-

Сравнительная гигиеническая характеристика условий проживания в приусадебных и многоэтажных домах

Одно- и двухэтажный приусадебный дом	Многоэтажный дом
Низкая плотность заселения благодаря приусадебному земельному участку	Высокая плотность заселения
Размещение дома на земельном участке с учетом наилучшей инсоляции и аэрации	На размещение дома влияют различные факторы (планировка улиц, соседние дома)
Смягчающее действие микроклиматических условий в помещении благодаря близости зеленых насаждений и их количеству	Отсутствие смягчающего действия на микроклимат зеленых насаждений
Возможность длительного пребывания на свежем воздухе (обработка приусадебных участков)	Отсутствие длительного пребывания на свежем воздухе (гиподинамический способ жизни)
Наиболее благоприятные условия для покоя и отдыха	Влияют различные раздражители (квартирные и бытовые)
Благоприятные условия для оздоровления детей	Комнатные условия для воспитания детей
Возможность обогащения рациона питания свежими овощами и фруктами	Неимение такой возможности
Низкий уровень санитарно-технического благоустройства	Высокий уровень санитарно-технического благоустройства (централизованный водопровод, канализация, центральное отопление, лифт, мусоропровод и др.)

вать на южные широты. Для кровли используют материалы с небольшим коэффициентом теплопроводности. Высота мансардного этажа должна быть не менее 2,7 м в местах прохода людей.

В коттедже первый и второй этажи соединяются между собой внутренней лестницей. Обычно на втором этаже оборудуют 1—2 комнаты для отдыха, на первом — все остальные помещения.

Преимущества домов приусадебного типа перед многоквартирными домами приведены в табл. 115. Этот тип домов получил высокую гигиеническую оценку. Однако при таком типе строительства необходимо учитывать требования санитарно-технического благоустройства.

В мегаполисах в перспективе будет возрастать средняя этажность жилых зданий. Однако высотные дома имеют недостатки: в них наблюдается слишком большое загрязнение воздуха химическими ингредиентами и микрофлорой, неудовлетворительно работает вентиляция, загрязненный воздух проникает из этажа на этаж.

Вместе с тем многоквартирные дома имеют также преимущества. В таких домах легче максимально благоустроить помещения, в частности обеспечить центральное отопление, водоснабжение и канализацию, вентиляцию, централизованный вывоз мусора и т. п.

Согласно санитарно-гигиеническим требованиям 3-этажные дома должны иметь центральное отопление, водопровод и канализацию, 4-, 5-этажные (и более) — мусоропровод и лифт.

Лифты оборудуют в жилых зданиях, имеющих высоту от уровня планировочной отметки до уровня пола верхнего этажа 14 м и более. В местностях, расположенных на высоте 1000 м и выше над уровнем моря, лифты следует предусматривать при высоте здания 12 м и более; в домах для престарелых и семей с инвалидами — соответственно 8 и 5 м. Ширина площадки перед лифтом в зависимости от грузоподъемности колеблется от 1,2 до 2,1 м. Машинное отделение лифта не разрешается размещать над жилыми помещениями, а также рядом с ними.

Мусоропроводы проектируют в жилых домах, имеющих высоту от уровня планировочной отметки до уровня пола верхнего этажа 11,2 м и более; в домах для престарелых и семей с инвалидами, — соответственно 8 и 3 м. Расстояние от дверей квартиры до ближайшего загрузочного клапана мусоропровода не должно превышать 25 м.

В многоэтажных домах все квартиры должны иметь балконы или лоджии.

Особенности требований к внутренней планировке и оборудованию различного типа жилых зданий

Различают три типа внутренней планировки жилых зданий: квартирный, галерейный и гостиничный, или коридорный. Наиболее распространен квартирный тип. Квартиры в жилых зданиях объединяют в секции.

Секция — часть здания, квартиры которой объединены общей лестничной площадкой непосредственно или через коридор. Она отделена от другой части здания глухой стеной. По месту расположения в плане здания различают рядовую и торцевую секции (рис. 110—111). По количеству квартир, выходящих

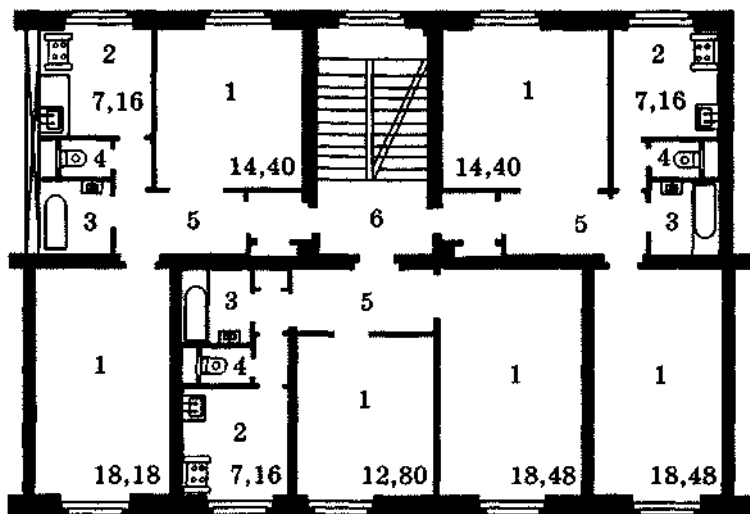


Рис. 110. План рядовой секции жилого дома квартирного типа:
- жилые комнаты; 2 — кухни; 3 — ванные комнаты; 4 — туалеты; 5 — коридоры; 6 —
лестничная клетка

на одну лестничную площадку, секции бывают: а) малоквартирные (2 квартиры); б) многоквартирные (3—5 квартир и более). В настоящее время чаще используют пластинчатые секции (5—6 квартир). Общая площадь квартир в секции не должна превышать 500 м². Главное гигиеническое требование к внутренней планировке здания — обеспечение сквозного или углового проветривания квартир (поступление воздуха через окна комнат, расположенных на противоположных фасадах или под углом).

С гигиенических позиций самая лучшая — малоквартирная секция. Ее рекомендуют применять в южных регионах. При такой планировке обеспечиваются наилучшие условия для сквозного проветривания квартир. Многоквартирные секции с тупиковыми коридорами без естественного освещения нежелательны, в них ухудшаются условия для проветривания.

Кроме квартир, в жилых домах могут устраиваться общественные учреждения. Санитарным законодательством это разрешено, но с определенными ограничениями. Так, на первом, втором и цокольном этажах жилых домов не разрешается размещать следующие объекты:

- а) предприятия общественного питания более чем на 50 мест;
- б) пункты приема посуды, а также магазины с торговой площадью свыше 1000 м²;
- в) специализированные магазины строительных, химических и других товаров, магазины со взрыво- и пожароопасными веществами, специализированные рыбные и овощные магазины;
- г) предприятия бытового обслуживания (бани, сауны, прачечные, химчистки);
- д) автоматические телефонные станции общей площадью свыше 100 м²;
- е) общественные туалеты, похоронные бюро.

При устройстве в жилых домах помещений общественного назначения необходимо предусматривать для них изолированные от жилой части здания входы и эвакуационные выходы.

Внутренняя планировка квартир. Под внутренней планировкой квартир понимают характер расположения отдельных помещений (жилых комнат, кухни, туалета и др.). Внутренняя планировка зависит от таких факторов: климатических условий; степени благоустройства и характера инженерного оборудо-

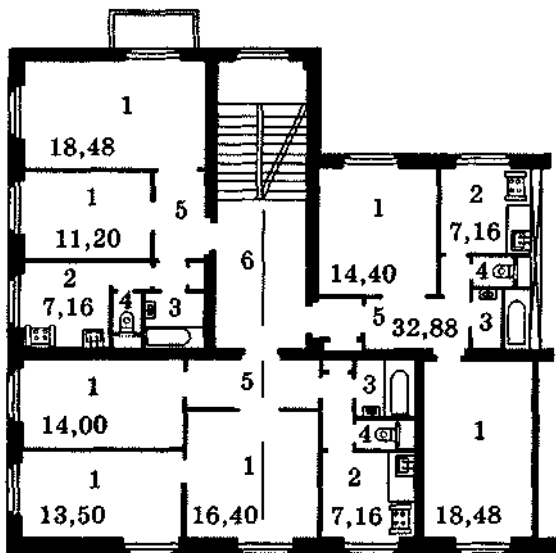


Рис. 111. План торцевой секции жилого дома квартирного типа.

Обозначения те же, что и на рис. 110

дования населенного пункта; ориентации здания по сторонам света; характера расположения жилого здания в системе застройки населенного пункта; строительных материалов; количества этажей и объема проектируемого дома; характера заселения квартир.

Гигиенические требования к внутренней планировке квартир. Внутренняя планировка квартиры, прежде всего, должна обеспечить сквозное проветривание. Это проветривание через 2 жилые комнаты, выходящие на противоположные фасады. Такое проветривание лучше всего осуществляется в двухквартирной секции. Допустимо, с гигиенической точки зрения, сквозное проветривание через кухню или коридор. Хуже сквозного, но достаточно эффективно, угловое проветривание. В жарком климатическом поясе такого проветривания недостаточно.

Внутренняя планировка должна обеспечить хорошую инсоляцию квартир. Жилые комнаты должны иметь оптимальную ориентацию или, в крайнем случае, хотя бы лучшую. Внутренняя планировка должна обеспечить оптимальное расположение в квартире помещений, а также изолированное, от жилых комнат, устройство шахты лифтов, мусоропроводов и другого шумного санитарно-технического оборудования.

В каждой квартире выделяют жилые и вспомогательные помещения. К *жилым помещениям* относятся: гостиная (общая комната или комната для дневного пребывания), комнаты для отдыха (спальни). Рабочую комнату (кабинет) выделяют в четырех- и пятикомнатных квартирах. Площадь этих помещений и составляет жилую площадь квартиры. К *вспомогательным помещениям* относятся: прихожая, кухня или кухня-столовая, внутриквартирный коридор, ванная комната или душевая, туалет, а также кладовая или хозяйственный встроенный шкаф, веранда, балкон, лоджия.

Сумма площадей всех вспомогательных помещений составляет площадь вспомогательных помещений квартиры. Общую, или полезную, площадь определяют как сумму площадей всех помещений квартиры (жилых и вспомогательных) с такими коэффициентами: для лоджии — 0,5, для балкона и террасы — 0,3. Площадь, на которой предусмотрено местное отопление (печь, камин, груба), в площадь помещения не включают.

.III

Важным фактором в достижении комфорта жилища является *зонирование квартиры*. Рекомендуется (Ю.Д. Губернский, 1979) выделять такие зоны квартиры: 1) зона сна и индивидуального отдыха; 2) зона для хранения одежды и белья; 3) зона для косметического туалета; 4) зона для индивидуальных умственных и аматорских занятий; 5) зона для общесемейного отдыха; 6) зона для приготовления и приема пищи.

Гигиенические требования к спальне. О гигиеническом значении этого помещения А.Н. Марзеев сказал: "Помните, что главным помещением в квартире является спальная комната. Вы только подумайте — человек в спальне рождается, тут проходят его детство, третья часть жизни, тут он болеет и умирает". Из этого несложно сделать вывод, что наилучшие помещения в квартире, с точки зрения инсоляции, аэрации, тишины, необходимо отводить под спальню. Кроме того, они должны быть изолированными от других помещений. Соглас-

но санитарного законодательства спальни не должны быть проходными. Их количество и площадь зависят от возрастного и полового состава семьи.

В соответствии с гигиеническими и физиологическими требованиями необходимо чтобы: а) в одной спальне отдыхали не более 2 человек; б) дети в возрасте 12—14 лет имели отдельную спальню; в) разнополые дети в возрасте старше 12—14 лет имели отдельные спальни. Поэтому в практике проектирования принята следующая схема определения количества спален в квартирах:

- квартира из одной комнаты-спальни предусмотрена для одиноких людей, бездетных супругов, двух лиц одного пола;
- квартира с двумя спальнями — для двух лиц (и более) разного пола, для семей, имеющих детей в возрасте до 12—14 лет или одного мальчика старше 14 лет или девочку старше 12 лет;
- квартира для семьи с разнополыми детьми в возрасте старше 12—14 лет должна иметь, как минимум, 3 спальни;
- квартира для семьи, в состав которой входят пожилые родители, должна иметь дополнительную спальню.

В соответствии со СНиП 2.08.01-89. "Жилые здания", минимальная площадь жилой комнаты (спальни) должна быть не меньше 8 м².

Гигиенисты считают, что площадь спальни для родителей должна составлять 12—15 м².

Комната для дневного пребывания (общая комната, гостиная, столовая) служит местом для сбора всех членов семьи и домашних занятий. Это наибольшая комната в квартире, ее средний размер составляет 15—22 м². Общая комната может иметь свободную, но желательно южную, ориентацию. Она может быть проходной.

Рабочую комнату (кабинет) выделяют в многокомнатных (4—5 комнат) квартирах или в том случае, если один из членов семьи занимается умственным трудом. Ее желательно устраивать рядом с прихожей. Размеры ее могут быть небольшими (8—12 м²), ориентация свободная.

Прихожая, во-первых, отделяет жилые помещения квартиры от улицы и лестничной площадки. Во-вторых, это своеобразный вестибюль квартиры, объединяющий отдельные помещения. Место для оборудования встроенных шкафов, хранения верхней одежды и обуви.

Самой важной из вспомогательных помещений является *кухня*. Она имеет надлежащее бытовое и санитарно-техническое оборудование: водопровод с горячей и холодной водой, канализацию, газоснабжение, бытовые электрические приборы: холодильник, посудомоечную машину, электромясорубку, микроволновую печь и т. п. Все это влияет на здоровье человека. Поэтому размеры кухни должны обеспечить расположение санитарно-технических устройств, мебели, бытовых приборов.

Минимальная площадь кухни должна быть не менее 8 м². Санитарными нормами допускается проектировать кухни площадью 5 м² в городских однокомнатных квартирах. Практикуют также кухни-столовые площадью 10—12 м². Такое объединение кухни со столовой гигиенисты не одобряют, так как при этом нарушается принцип функционального распределения помещений (жи-

лую комнату объединяют со вспомогательным помещением), ухудшаются санитарное состояние кухни, гигиенические условия приема пищи.

Кухня считается одним из наиболее загрязненных помещений в квартире. Прежде всего, загрязнение связано с приготовлением пищи. Газификация — большое благо для человека. Она значительно облегчает условия работы хозяек, сделала кухню и жилые комнаты более комфортабельными и удобными. Но газификация имеет и отрицательные стороны. Например, технически сложно добиться полного сгорания газа. На основании исследований установлено, что одна газовая конфорка за 3 ч горения повышает температуру воздуха в кухне объемом 21 м^3 на 4°C , относительную влажность — на 3—5%. Содержание углерода диоксида достигает 0,5%, углерода оксида (угарного газа) — $0,1\text{—}0,3 \text{ мг/дм}^3$, серы диоксида — $0,009 \text{ мг/дм}^3$. Кроме угарного газа, в процессе сжигания 1 м^3 газа образуется до 700 дм^3 углерода диоксида, что в 32 раза больше, чем выделяет один человек в час.

Главной причиной недостаточного сгорания газа является дефицит кислорода, который обнаруживается при использовании больших кастрюль, засорении отверстий, через которые всасывается воздух в горелку, и при других обстоятельствах. При этом наблюдается красное горение газа или неполное его сгорание, что приводит к образованию угарного газа в большом количестве.

В специально смоделированных условиях с контролируемыми параметрами расхода газа и нормативным воздухообменом установлено, что воздушная среда кухни в эргономически обусловленном пространстве вблизи газовой плиты загрязняется углерода оксидом, азота оксидом и диоксином в концентрациях, превышающих ПДК указанных веществ для атмосферного воздуха. При этом концентрация вредных веществ зависит от типа газовой плиты, ее технического состояния, химического состава газа, режима работы и количества конфорок, а также от условий сгорания газа, расстояния от факела, воздухообмена в помещении и многих других факторов. В зависимости от конструктивных особенностей горелки в определенных пределах изменяется соотношение концентраций углерода оксида и азота оксидов в неразбавленных продуктах сгорания бытового газа. Бытовые газовые плиты могут отличаться по этому параметру. Следует отметить, что технические характеристики газовых горелок в процессе эксплуатации могут изменяться. Это также влияет на количество образованных ими загрязняющих веществ.

Размер (площадь дна) посуды, высота ее размещения над горелкой, количество и начальная температура разогревающейся в посуде жидкости также влияют на процесс образования продуктов неполного сгорания газа. Но основными факторами, определяющими степень загрязнения воздушной среды кухни, а также всей квартиры, являются количество включенных конфорок и расстояние от газовой плиты. С увеличением количества включенных горелок от 1 до 4 концентрация эмиссионных газов может возрастать в 1,8—2,2 раза. Наиболее высокие концентрации углерода оксида и азота оксидов регистрируются на расстоянии 0,6 м от газовой плиты.

Анализ суммарного загрязнения, создаваемого газовой плитой (Ю.Е. Корнев, К.А. Буштуева, М.Ф. Глазкова, 1981; М.А. Пинигин, 1986), показал, что из

трех основных вредных выбросов, регламентируемых нормативно-технической документацией на газовые плиты, лимитированным является азота диоксид.

Благодаря техническим средствам сжигания газа можно добиться такого соотношения углерода оксида и азота оксидов, что суммарная условная токсичность газовой смеси будет оптимизированной в определенных границах. Во время горения всех горелок величина комплексного условного показателя суммарного загрязнения воздуха (М.А. Пинигин, 1986) в эргономически определенном пространстве кухни не должна превышать 2—4 условные единицы.

При исследовании воздушной среды кухонь в разных городах установлены такие концентрации СО: в Киеве — 0,4—0,55 мг/дм³, во Львове — 0,37—0,5 мг/дм³, в Москве — 0,37 мг/дм³. Эти концентрации в 15—20 раз больше ПДК СО для производственных помещений (20 мг/м³) и в 370—550 раз — ПДК для жилых помещений (0,001 мг/дм³ = 1 мг/м³). Высокие концентрации углерода оксида при продолжительном действии могут вызвать *хронический карбоксикоз*. Будущему врачу необходимо знать механизм его возникновения.

Гемоглобин крови очень легко связывается с кислородом воздуха, образуя при этом оксигемоглобин ($Hb + O_2 = HbO_2$). Оксигемоглобин во время процессов, происходящих в клетках и тканях, легко отдает кислород превращаясь снова в гемоглобин. Аналогично соединяется с гемоглобином и СО, образуя карбоксигемоглобин ($Hb + CO = HbCO$). Эта реакция также обратимая, и насыщение гемоглобина СО зависит от парциального давления. Но разница состоит в том, что карбоксигемоглобин является более стойким соединением, чем оксигемоглобин. Диссоциация карбоксигемоглобина происходит в 300 раз медленнее, чем диссоциация оксигемоглобина. Установлено, что во время вдыхания воздуха, содержащего 20,8% кислорода и 0,07% углерода оксида, половина гемоглобина артериальной крови превращается в оксигемоглобин, а вторая половина — в карбоксигемоглобин. В норме содержание карбоксигемоглобина в крови составляет 1—2%. При еще большей концентрации угарного газа почти весь гемоглобин соединяется с СО, и кровь не имеет возможности переносить кислород к тканям, что приводит к кислородному голоданию. При содержании в воздухе кухонь значительных величин (0,07%, или 0,7 мг/дм³), концентрации углерода оксида могут появляться симптомы хронического карбоксикоза.

Хронический карбоксикоз может развиваться не только в результате газификации квартир. Он часто наблюдается в производственных условиях, у работников ГАИ, дежурящих на крупных автомагистралях, у людей, длительно находящихся в плохо вентилируемых помещениях.

Какие же симптомы хронического карбоксикоза? Поскольку при незначительном кислородном голодании тканей в первую очередь поражаются чувствительные клетки, к которым относятся клетки коры большого мозга, первыми симптомами хронического карбоксикоза являются: головная боль, ослабление памяти, быстрая утомляемость, тошнота, боль в области сердца. В качестве компенсаторной реакции повышается содержание эритроцитов и ретикулоцитов в крови.

Средства борьбы с хроническим карботоксикозом. К радикальным мерам относятся *использование газа на ТЭС* для получения электроэнергии, а затем — для нагревания кухонного оборудования.

Менее эффективные меры — *удаление продуктов сгорания газа* через вентиляционные каналы кухни, установка зонтов над газовыми плитами.

Для усиления вентиляции вентиляционные каналы кухни оборудуют вентиляторами марки Ве-3 или ДТК. Они бесшумны, дешевы и уменьшают загрязнение воздуха кухни в 2—3 раза.

Для очистки воздуха кухонь от аэрозоля и газов используют специальные очистители воздуха, работающие на принципе удаления из воздуха аэрозолей с помощью различных тканевых и бестканевых фильтров, абсорбции и адсорбции газообразных веществ на специальные сорбенты, а также на применении разных способов, в том числе каталитического и ультрафиолетового окисления вредных химических веществ, преобразование их в менее токсические продукты.

Наиболее эффективным мероприятием для очистки воздуха кухни следует считать централизованные системы удаления воздуха с локальными вытяжными зонтами, оборудованными приспособлениями, регулирующими воздухообмен в определенных пределах.

Следует отметить, что система удаления загрязнений от газовой плиты посредством вмонтирования вентилятора в вентиляционные каналы, рассчитанные на температурный градиент внутреннего и наружного воздуха (вытяжка на природном возбуждении), может привести к загрязнению воздуха кухонь, расположенных этажом выше.

Есть еще один путь очистки воздуха кухни — совершенствование газовой горелки. Ранее применяли газовые горелки с подачей газа через отверстие по всей его площади. Поэтому газ с воздухом смешивался недостаточно, при этом образовывалось больше СО. В настоящее время в горелках используют так называемые рассекатели, что дает возможность подавать газ только по периферии горелки, а воздух — в двух местах. Это уменьшило количество углерода оксида в 5—8 раз.

Из приведенных способов борьбы с хроническим карботоксикозом наиболее эффективный — правильное оборудование вентиляции жилых помещений и, особенно, кухонь. Гигиенические требования к вентиляции жилых помещений будут рассмотрены ниже.

Внутренняя теплая *уборная* имеет важное гигиеническое значение. В канализованных жилых домах оборудуют промывные унитазы. Минимальные размеры уборной: ширина — 0,8 м, глубина — 1,2 м. В однокомнатных квартирах допускается оборудование объединенного санитарного узла. Двери уборной, ванной и объединенного санитарного узла должны открываться наружу. В неканализованных малоэтажных домах оборудуют теплые уборные по типу люфт-клозет.

В канализованной квартире обязательно оборудуют *ванную комнату или душевую*. Площадь ванной или душевой лимитирована размерами (ванна нормального типа, ванна укороченного типа — "сидячая", ванна для ног). Определяя размеры ванной комнаты, следует также учитывать тип водонагревателя.

Наибольшая кубатура и соответственно площадь необходимы для ванной комнаты, оборудованной газовой колонкой. В соответствии с нормативными документами, минимальная площадь ванной комнаты должна быть не менее 3,5 м².

Кухню, санитарный узел komponуют рядом, чтобы их можно было обеспечить водопроводом и канализацией. Вход в помещение с унитазом непосредственно из кухни или жилого помещения (кроме домов для семей с инвалидами) не разрешается.

Балконы, лоджии, веранды иногда называют открытыми помещениями. Балконы в виде выступов, лоджии в виде ниш в наружных стенах оборудуют в многоэтажных зданиях, веранды — в виде пристроек к малоэтажным домам. Они увеличивают площадь квартиры, хорошо обдуваются ветром, а при благоприятной ориентации хорошо инсолируются.

Как показали инструментальные физико-гигиенические исследования, открытые помещения при благоприятной ориентации (восток, юго-восток, юг) имеют лучшие климатические условия, чем смежные с ними помещения: температура воздуха в среднем на 3 °С ниже, скорость его движения на 0,7 м/с выше. Заметны и благоприятные физиологические сдвиги в организме (на 2,5 °С снижается температура кожи, на 14 в 1 мин уменьшаются ЧСС, теплоотдача испарением, теплоощущение становится более комфортным) и, как следствие, улучшается самочувствие. При западной и юго-западной ориентации летом отмечается перегрев воздуха (повышение радиационных температур на 14 °С), что делает пребывание людей в этих, а также смежных помещениях, неприятным.

Таким образом, балконы, лоджии, открытые веранды, если их ориентировать с учетом климатических особенностей, могут иметь оздоровительное, а также лечебное значение.

В южных широтах, наряду с секционным, распространен *галерейный тип*. Этот тип зданий характеризуется тем, что квартиры выходят на галерею. Все помещения имеют оптимальную ориентацию, а галерея является дополнительным источником свежего воздуха. В таких зданиях есть возможность для сквозного проветривания.

В жилых домах *гостиничного типа*, или *коридорного*, жилые помещения сгруппированы вдоль противоположных фасадов здания с выходом на этаже в общий коридор. Они предназначены для одиноких людей и бездетных семей. Состоят из небольших квартир с сокращенным набором вспомогательных помещений: жилой комнаты с изолированным местом для сна, небольшой прихожей, кухни и совмещенного санитарного узла. Жилая площадь квартиры — не менее 12 м², что обеспечивает достаточную воздушную кубатуру.

Примером дома коридорного типа может быть общежитие или гостиница. При такой планировке создаются условия для переноса возбудителей воздушных инфекций, усложняется сквозное проветривание, создаются высокие уровни жилищно-бытового шума, возможен только минимальный набор вспомогательных помещений.

В нашей стране распространены *общежития*, предназначенные для временного проживания студентов, молодых специалистов и др. В Украине санитар-

ный надзор за общежитиями во время их проектирования, строительства, реконструкции и функционирования проводят согласно СанПиН № 42-121-4719-88 "Санитарные правила устройства, оборудования и содержания общежитий для рабочих, студентов, учащихся средних специальных учебных заведений и профессионально-технических училищ". Основными помещениями общежития являются жилые комнаты на 1, 2, 3, максимум, на 4 человека. Они должны быть непроходными, иметь выход непосредственно или через шлюз-прихожую в коридор. В шлюзе-прихожей оборудуют шкафы для хранения одежды, белья, обуви, а также вешалки для верхней одежды.

Кроме жилых комнат, общежития имеют общие помещения культурно-бытового назначения и вспомогательные: вестибюль; кухни; комнаты для занятий и отдыха; помещения для чистки одежды и обуви; санитарные узлы; прачечные с сушильной и гладильней; душевые комнаты; кладовки для хранения личных вещей, чистого и грязного белья; комнаты для обслуживающего персонала и др. Состав и площадь этих помещений определяют дифференцированно, в зависимости от мощности общежития.

В последнее время в практике строительства общежитий используют блочную систему (в блок должны входить не более 10 жилых комнат при коридорной системе и не более 3 — квартирной). Каждый блок должен иметь кухню, санитарный узел, а также комнаты для занятий и отдыха, душевые (рис. 112).

Согласно нормативным документам, минимальная жилая площадь в общежитии составляет не менее 6 м^2 на 1 проживающего. Высота помещений должна быть не менее 2,5 м, ширина — не менее 2,2 м.

В общежитиях на 200 человек и более предусмотрено оборудование изолятора. Для расчета количества коек в изоляторе принимают следующий норматив: 1 место на 200 проживающих. В палате изолятора должно быть не больше 2 коек. Ее оборудуют санитарным узлом. Площадь палаты определяют из расчета 7 м^2 на 1 койку. Изолятор должен иметь отдельный вход.

Если проектируют комплекс общежитий на 1500 мест и более, вместо изолятора оборудуют медицинский пункт (табл. 116).

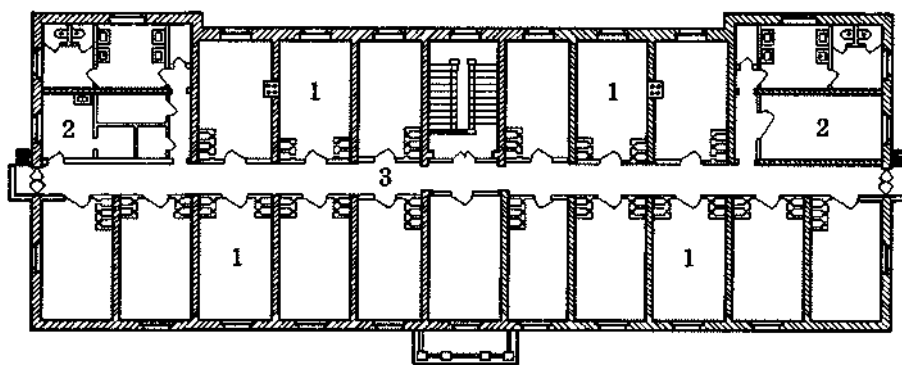


Рис. 112. План жилого блока общежития:
1 — жилые комнаты; 2 — блок обслуживания; 3 — коридор

Состав и площадь помещений медицинского пункта

Помещения	Площадь в зависимости от количества проживающих в общежитиях, м ²		
	На 1500	На 2000	На 5000 и более
Вестибюль	18	27	36
Кабинет врача	18	(18х2)	(18х2)
Процедурная	18	18	18
Кабинет для физиотерапии	27	36	54
Стоматологический кабинет	18	18	18
Комната для медицинского персонала	9	9	9
Изолятор	3 койки	5 коек	7 коек

Гостиницы — жилые здания для кратковременного проживания. По планировке и оборудованию они имеют много общего с общежитиями. Жилые комнаты (номера) объединяют центральным коридором. Номера бывают: а) одностанными; б) двухстанными; в) трех-, пятистанными; г) номера-люксы, имеющие несколько жилых комнат и вспомогательные помещения. В гостиницах каждый номер имеет туалетную комнату с унитазом, ванной или душем.

В гостиницах имеются специфические и вспомогательные помещения: а) ресторан, столовая, буфеты; б) парикмахерская; в) пропускник; г) помещения для чистки одежды и обуви; д) пункт бытового обслуживания; е) комнаты для дежурного персонала; ж) отделение связи, киоски для сувениров и др.

Гигиенические основы нормирования факторов внутренней среды места проживания

На человека влияют такие факторы внутренней среды помещений, как микроклимат, качество воздуха, уровни инсоляции и освещения, электромагнитные поля, ионизирующая радиация, шум, вибрация и др.

В свете современных научных данных понятие "среда" следует рассматривать более широко. Среда для всех живых организмов, в том числе и для человека, включает абиотические и биотические факторы. Существенным обстоятельством, отличающим экологический подход к человеку и животным, является то, что все условия и факторы среды человека в большей или меньшей мере социально обусловлены.

Внутренняя среда места проживания — сложная система, включающая в себя большое количество компонентов, объединенных таким образом, что обеспечивается целостная сложная функция. Вследствие взаимодействия двух сред (окружающей и внутренней), человек испытывает в помещении влияние физико-химических факторов среды по схеме: окружающая среда — здание — внутренняя среда — человек.

Разнообразие окружающей среды воспринимается организмом человека при помощи рецепторов, реагирующих на разные виды воздействия. Влияние

факторов среды только в том случае бывает благоприятным, если их колебания не выходят за пределы оптимальных параметров, комфортности. Восприятие комфортности для каждого человека в отношении таких факторов, как шум, свет и, особенно, тепло, индивидуально. Индивидуальным является также восприятие комфортности в различных климатических условиях. Учитывая народнохозяйственные задачи, важно установить усредненные показатели комфортности для разных групп населения, помещений различного назначения и климатических условий, т. е. гигиеническое нормирование.

Микроклиматические факторы. К числу наиболее важных, определяющих комфорт в жилище, принадлежит метеорологический фактор.

Влияние на человека тех или иных микроклиматических факторов создает различные условия для теплообмена организма со средой и обеспечивает определенное функциональное состояние, которое называется тепловым. Оно определяется не только в субъективном теплоощущении человека, но и в характере тех терморегуляторных процессов, которые происходят в организме при изменении метеорологических условий. Тепловое состояние, наконец, влияет на все физиологические системы организма и определяет функциональные возможности человека, его здоровье. Это делает актуальным нормирование оптимальных параметров микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий.

При оценке теплового состояния организма выделяют зону теплового комфорта. Под зоной теплового комфорта понимают такой комплекс метеорологических условий, при которых терморегуляторная система организма находится в состоянии наименьшего напряжения (или физиологического покоя), а все другие физиологические функции осуществляются на уровне, наиболее благоприятном для отдыха и восстановления сил организма после его нагрузки.

Под микроклиматом закрытых помещений понимают тепловое состояние среды, обуславливающее теплоощущение человека и зависящее от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, радиационной температуры ограждающих поверхностей.

Основные принципы гигиенического нормирования параметров микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий:

1) гигиеническое нормирование оптимальных и допустимых параметров микроклимата должно учитывать суточный и сезонный ритм колебаний физиологических функций, а также адаптацию человека к определенным климатическим особенностям;

2) гигиеническое нормирование параметров микроклимата следует проводить дифференцированно относительно разных возрастных групп населения;

3) во время гигиенического нормирования оптимальных и допустимых параметров микроклимата следует учитывать уровни энерготрат (активность) и теплозащитных свойств одежды соответствующих групп населения.

При гигиенической оценке показателей микроклимата и их влияния на организм необходимо исходить из одновременного учета и сравнения как инструментальных измерений каждого из показателей микроклимата, так и данных

о физиологических терморегуляторных реакциях человека на изменение комплекса микроклиматических условий.

Микроклимат в помещениях оценивают по показателям температуры, скорости движения и относительной влажности воздуха, радиационного режима помещения, который зависит от температуры ограждающих поверхностей. Для каждого из показателей установлены оптимальные уровни и допустимые пределы колебаний с учетом их комплексного действия на организм человека.

Критерием для нормирования оптимальных и допустимых параметров микроклимата в жилых и общественных зданиях является тепловое состояние человека, которое оценивают по наиболее информативным физиологическим показателям (температуре тела, топографии температуры кожи на различных участках, градиенту температуры кожи на туловище и конечностях, величине теплопотерь посредством испарения, теплоощущению).

В качестве дополнительных критериев целесообразно использовать: а) динамику изменений теплоотдачи излучением и конвекцией; б) показатели, характеризующие состояние центральной и вегетативной нервной системы; в) исследования лабильности терморегуляторной системы; г) уровень энерготрат и дефицита тепла.

Характер изменений этих показателей лежит в основе классификации теплового состояния у детей и взрослых. Использование этих классификаций для оценки результатов исследований позволяет установить параметры зоны теплового комфорта и допустимые пределы колебаний метеофакторов.

Так, оптимальное тепловое состояние обеспечивается условиями теплового комфорта, который не ограничивает продолжительности пребывания и не требует введения в действие дополнительных механизмов приспособления организма. Умеренное напряжение терморегуляции характеризуется постоянством теплопродукции и нормальным соотношением процессов возбуждения и торможения в коре большого мозга. При допустимом уровне перегревания или переохлаждения наблюдается определенное напряжение механизмов терморегуляции организма. Но при этом сохраняется термостабильное состояние "сердцевины" тела в результате включения приспособительных реакций организма. В этих условиях возможно длительное пребывание человека (в течение работы) без изменений трудоспособности, опасности для здоровья и кумуляции.

Важно учитывать, что оценка конкретных тепловых условий среды зависит от жизненного опыта человека, т. е. социальных условий: привычного климата, одежды, питания, жилищных условий, в частности, типа и мощности санитарно-технического оборудования помещения.

В условиях, близких к комфортным, нормативы микроклимата жилья могут быть одинаковыми для взрослых и детей, но возрастную разницу целесообразно учитывать при установлении допустимых колебаний метеофакторов.

Известно, что в комфортных условиях отдача тепла через кожу на 45—47% осуществляется за счет радиации, почти 30% — конвекции и кондукции, до 20% — испарения потом. Отдача тепла посредством дыхания происходит в результате нагревания вдыхаемого воздуха и испарения влаги с поверхности легких. При жарком микроклимате снижается отдача тепла посредством

ТАБЛИЦА 117

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в жилых, общественных и административно-бытовых помещениях

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	20—22	60—30	До 0,2
	23—25	60—30	До 0,3
Холодный и переходные условия	20—22	45—30	До 0,2

Примечание. Нормы установлены для людей, находящихся в помещении более 2 ч непрерывно.

пониженной переносимостью колебаний факторов окружающей среды.

С точки зрения обеспечения теплового комфорта человека большое значение имеет соотношение конвективной, лучистой и кондуктивной составных частей теплообмена при использовании разных инженерно-технических отопительных систем.

Оптимальные температурные параметры колеблются от 20 до 23 °С в условиях холодного климата, от 20 до 22 °С — умеренного и от 23 до 25 °С — жаркого климата (табл. 117). Эти условия приведены в СНиПе 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование".

Важное значение имеет величина перепадов температуры воздуха по горизонтали и вертикали помещения. Градиент по горизонтали не должен превышать 2 °С, по вертикали — 2—3 °С. Повышение вертикального перепада более чем на 3 °С может привести к переохлаждению конечностей и рефлекторным изменениям температуры верхних дыхательных путей. Указанные нормативы температуры воздуха помещений соответствуют гигиеническим требованиям лишь в том случае, если разница между температурами внутренних поверхностей стен и воздуха помещения не превышает 2—3 °С. Более низкая температура стен и окружающих предметов, даже при нормальной температуре воздуха, повышает удельный вес радиационных теплопотерь, что обуславливает дискомфорт.

Важным микроклиматическим показателем является *скорость движения воздуха*. Движущийся воздух влияет на организм человека двойственно: физически и физиологически (рефлекторно). Незначительное движение воздуха не только сдувает насыщенный водяным паром и перегретый слой воздуха, но и действует на тактильные рецепторы человека, стимулирует сложные рефлекторные процессы терморегуляции. Одновременно чрезмерная его скорость, особенно в условиях переохлаждения, увеличивает теплопотери путем конвекции и испарения и способствует охлаждению организма. Рекомендации отно-

радиации и проведения и компенсаторно возрастает за счет испарений. В условиях холода, наоборот — увеличиваются отдача тепла посредством радиации и проведения, компенсаторно снижаются потовыделение и отдача тепла испарением.

Таким образом, гигиеническое нормирование тепловых факторов должно обеспечивать их комплексность, дифференцирование и гарантию. Последний принцип означает, что нормированные параметры микроклимата должны гарантировать сохранение здоровья и трудоспособности даже человеку с

сительно минимальной, максимально допустимой и оптимальной скоростей движения воздуха в помещении в холодное время года разработаны в зависимости от температуры воздуха в помещении (0,1—0,25 м/с).

Большое значение для теплообмена человека имеет *влажность воздуха* в помещении. Допустимой считается относительная влажность 30—65%. Превышение этих значений зимой крайне нежелательно, так как влажный воздух имеет большую теплопроводность и теплоемкость, а это увеличивает теплопотери путем излучения и конвекции. Для создания комфортных условий в отапливаемых помещениях желательно поддерживать относительную влажность воздуха 30—45%, так как при влажности ниже 30% начинает пересыхать слизистая оболочка дыхательных путей, кроме того, возникает опасность появления электростатического заряда на поверхности ковровых покрытий.

Проблема нормирования микроклимата помещений летом наиболее актуальна для районов с жарким климатом. Оптимальной в условиях жаркого сухого климата считается температура воздуха от 21 до 27,8 °С при относительной влажности 20—60% и скорости движения воздуха 0,1—0,25 м/с. Для климатических условий с повышенной влажностью температура воздуха в помещениях должна составлять 23—26,4 °С при его скорости движения от 0,15 до 0,5 м/с. При высокой температуре и влажности воздуха снижается физиологический дефицит насыщения, уменьшается возможность теплоотдачи посредством испарения. Перегревание организма наступает при более низкой температуре воздуха. Поэтому повышение ее должно сопровождаться соответствующим снижением влажности.

В зоне умеренного климата наиболее комфортные условия летом обеспечиваются при температуре воздуха 22—24 °С, средней облученности 427—431 Вт/м², влажности воздуха 30—45% и скорости его движения 0,1—0,2 м/с.

Поскольку форма и организация окружающей среды постоянно видоизменяются, изменяя условия проживания, то параметры микроклимата, возможно, также не должны быть постоянными. В разных климатических районах и в различные сезоны года тепловой комфорт неодинаков для мужчин и женщин, людей пожилого возраста, детей и лиц с ослабленной функцией терморегуляции. Таким образом, в нормативах для жилых и общественных зданий следует учитывать пределы адаптационных возможностей разных групп населения, поэтому нормативы теплового комфорта должны быть дифференцированными.

В целом такие терморегуляторные реакции, как существенные колебания теплопродукции, спазмы или резкое расширение сосудов кожи, усиленное потоотделение, предназначены для поддержания температурного гомеостаза при экстремальном и относительно кратковременном отклонении внешних условий от оптимума. Длительное функционирование этих механизмов неминуемо приводит к снижению трудоспособности и функциональному истощению организма. В условиях жилища это особенно нежелательно, так как отрицательно влияет на течение процессов снятия напряжения после работы и на восстановительные функции.

Потребность в обеспечении оптимальных условий микроклимата диктуется также тем обстоятельством, что дискомфортные условия при длительном

влиянии вызывают нарушение теплового равновесия организма и напряжение аппаратов терморегуляции вследствие переохлаждения или перегревания, приводят к ослаблению общей и специфической сопротивляемости организма, снижению иммунного потенциала. Это может вызвать такие болезни, как ОРВИ, ревматизм, ангина, невралгия, а также осложнять течение сердечно-сосудистых заболеваний и болезней обмена веществ.

Тем не менее, требование к обеспечению оптимальных условий не следует рассматривать как требование обеспечить тепличные условия в жилых и общественных зданиях. В определенные периоды суток параметры микроклимата должны с определенной скоростью, на определенное время и на определенную величину изменяться, т. е. пульсировать. Только динамичный микроклимат, обуславливающий полезное для организма человека напряжение терморегуляции, будет тренировать и вместе с физической нагрузкой, которую дают занятия спортом и физкультурой, повышать адаптационные возможности организма человека.

Тепловой комфорт в помещении зависит главным образом от качества ограждающих конструкций (стен, окон, дверей, перекрытий). Широкое использование для строительства жилых и общественных зданий облегченных материалов (панели и блоки из легких и ячеистых бетонов) позволяет изменить микроклимат помещений. Однако неблагоприятный микроклимат может быть обусловлен не только плохими теплоизоляционными свойствами наружных стен, но и низким качеством строительства (недостаточная герметизация стыков панелей с окнами и др.).

На микроклимат помещений влияет также увеличение площади остекления. Световые площади играют огромную роль в формировании микроклимата помещений как в холодное, так и в теплое время года.

Увеличение расхода тепла посредством излучения при низких температурах стен, других поверхностей способствует развитию простудных заболеваний, так как по закону Стефана—Больцмана теплопотери посредством радиации возрастают в геометрической прогрессии:

$$E = \kappa \cdot (T_1 - T_2)^4,$$

где T_1 , T_2 — температура тела и поверхностей (по шкале Кельвина).

Повышенная же потеря тепла путем излучения приводит не только к глубоким сдвигам в работе аппарата терморегуляции и нарушению теплового равновесия между организмом и окружающей средой, но и отрицательно влияет на его иммунобиологическую реактивность. Это приводит к возрастанию простудных заболеваний.

Не менее важным фактором формирования микроклимата и воздушной среды помещений являются отопительно-вентиляционные инженерные системы.

Особенно важно регулирование микроклимата жилища в зимний и летний периоды. Роль зимнего периода особенно велика в I и II строительного-климатических зонах, летнего периода — в III и IV.

Состояние воздушной среды в помещении. Условия комфорта человека во время пребывания в закрытых помещениях определяются также воздушным режимом здания.

Воздушным режимом здания называют общий процесс обмена воздуха • между всеми его помещениями и внешним миром. Естественный обмен воздуха происходит в результате действия гравитационного и ветрового давления. Воздухообмен под влиянием этих природных сил рассчитать и спрогнозировать сложно. Объем воздуха, проникающего через стены, обычно небольшой, до $10 \text{ дм}^3/\text{ч}$ через 1 м^2 поверхности. Воздух передвигается порами и капиллярами медленно, его температура в этих сечениях ограждения практически равна температуре твердого материала. Это движение воздуха можно уменьшить, герметизировав строительные конструкции, а также частично регулировать при помощи дроссированных каналов вентиляции, открытия окон, фрамуг и вентиляционных фонарей.

Качественные и количественные параметры воздушной среды определяются следующими показателями.

Чистота воздуха. В воздухе закрытых помещений могут содержаться загрязнения бактериальной и химической природы. Они являются следствием физиологических обменных процессов человека, бытовых действий (приготовления пищи и сжигания газа в бытовых приборах). В воздух помещений может поступать также комплекс продуктов деструкции полимерных отделочных материалов и др. Наконец, газовый состав воздуха закрытых помещений определяется газовым составом приточного атмосферного воздуха и химическими веществами-загрязнителями, выделяемыми внутри помещений.

Основная причина загрязнения воздуха помещений жилых и общественных зданий — накопление таких газообразных продуктов жизнедеятельности человека (антропоксины), как углерода диоксид, аммиак, аммонийные соединения, сероводород, летучие жирные кислоты, индол и др.

Еще М. Петтенкофер обнаружил известный параллелизм между накоплением углекислого газа и других примесей в воздухе помещений. Он предложил судить о мере загрязнения воздуха по величине содержания в нем *углерода диоксида*. Однако точка зрения М. Петтенкофера вызвала сомнение у Рубнера. В настоящее время установлено, что содержание углерода диоксида в воздухе помещений до 0,7% и даже 1% само по себе не способно неблагоприятно влиять на организм человека и что его накопление не всегда происходит параллельно с накоплением вредных веществ и запахов.

Вместе с тем незначительные концентрации углерода диоксида не всегда свидетельствуют о чистоте воздуха в помещении. Концентрация углерода диоксида может оставаться низкой при существенном загрязнении воздуха пылью, бактериями и вредными химическими веществами. Особенно в том случае, если при строительстве используют синтетические материалы, концентрация которых не всегда возрастает одновременно с увеличением содержания углерода диоксида.

Следовательно, для оценки воздушной среды и эффективности вентиляции закрытых помещений знать содержания только углерода диоксида недостаточно. На данном этапе этот показатель не способен служить эталоном качества воздушной среды закрытых помещений.

Другим критерием, характеризующим качество воздушной среды, является содержание в воздухе *аммиака* и *аммонийных соединений*. В результате детального изучения вредного влияния измененного воздуха помещений на организм человека установлена высокая активность аммиака и аммонийных соединений, поступающих с поверхности кожи человека. При вдыхании аммонийных соединений, содержащихся в воздухе помещений, в течение нескольких **часов** у большинства людей появлялись головная боль, ощущение усталости, резко снижалась работоспособность. У некоторых даже отмечалось болезненное состояние, подобное отравлению. При этом физические свойства воздуха оставались в пределах гигиенических нормативов.

Аммиак и его соединения в концентрациях, наблюдаемых в жилых помещениях, влияют также на слизистые оболочки дыхательных путей. Однако определение содержания аммиака не приобрело существенного значения при гигиенической оценке качества воздуха. Этот показатель лишь относительно свидетельствует о наличии газообразных продуктов, загрязняющих воздух помещений.

Для определения уровня загрязнения воздуха был предложен интегральный показатель — *окисляемость*. Изучение уровня загрязнения воздуха органическими веществами показало, что по величине окисляемости можно судить о его чистоте. Органические вещества воздуха также задерживаются в дыхательных путях человека и всасываются. Для оценки загрязнения воздуха органическими веществами рекомендованы ориентировочные нормативы его окисляемости. Так, чистым считается воздух, имеющих окисляемость до 6 мг кислорода в 1 м³, а загрязненным — от 10 до 20 мг кислорода в 1 м³.

Окисляемость является относительным показателем, так как в присутствии полимеров она также может изменяться. В то же время из-за широкого применения в строительстве полимерных покрытий (конструктивные, отделочные материалы) и их способности выделять в окружающую среду химические вещества, необходимо учитывать и этот фактор воздушной среды. Продукты выделения полимеров в большинстве случаев токсичны для человека.

Для ряда веществ, входящих в состав полимерных отделочных материалов и имеющих токсические свойства, разработаны ПДК. Этим регламентировано применение полимерных отделочных материалов в строительстве жилых и общественных зданий.

Показатели для оценки степени чистоты воздуха закрытых помещений приведены в табл. 118.

ТАБЛИЦА 118
Показатели чистоты воздуха закрытых помещений

Степень чистоты воздуха	Концентрация СОг, %	Окисленность, мг в 1 м ³	Количество микроорганизмов в 1 м ³		
			Общее	Стрептококков	Стафилококков
Чистый	До 0,07	До 4	До 3000	До 10	До 75
Удовлетворительно чистый	До 0,1	До 6	До 4000	До 40	До 100
Слабо загрязненный	До 0,15	До 10	До 7000	До 120	До 150
Очень загрязненный	Свыше 0,15	До 20	Свыше 7000	Свыше 120	Свыше 150

Воздушный куб. Во время вдыхания организм человека в течение 1 ч усваивает почти 0,057 м³ кислорода, а во время выдоха выделяет 0,014 м³ углерода диоксида. Если человек будет находиться в закрытом помещении, то естественно, что содержание кислорода уменьшается, а концентрация углерода диоксида возрастает. Но это положение справедливо лишь для герметически закрытых помещений. В обычных жилых и общественных зданиях за счет инфильтрации наружного воздуха через неплотно подогнанные окна и ограждения всегда происходит полуторакратный обмен воздуха. Однако, невзирая на обмен воздуха, человеку обычно бывает душно в закрытых помещениях. Жалобы на духоту, недостаток кислорода высказывают во время пребывания как в помещениях с естественным обменом воздуха, так и в домах, оборудованных разными системами вентиляции, включая, кондиционирование. Хотя содержание кислорода в закрытых помещениях отвечает естественному, воздух в них воспринимается человеком как несвежий. Возникает вопрос о причинах этого явления. Разве в закрытых помещениях недостаточно количество приточного свежего воздуха? Сколько вообще нужно человеку воздуха? Рекомендуемая величина объема свежего воздуха, которую следует подавать в помещения, определена на основании количества углерода диоксида, выделяемого в процессы дыхания человека за единицу времени. Эта начальная величина, входящая в расчеты объема вентиляционного воздуха, зависит от многих переменных составляющих: температуры воздуха помещений, возраста человека, его деятельности. При температуре воздуха в помещении 20 °С взрослый человек выделяет в среднем 21,6л углерода диоксида за 1 ч, находясь в состоянии относительно покоя. Необходимый объем вентиляционного воздуха для одного человека при этом будет составлять (при ПДК 0,1% по объему и содержанию углекислого газа в атмосферном воздухе 0,04%) 36 м³/ч. Если изменить любую из начальных величин, а именно, принять ПДК содержания углерода диоксида в воздухе жилых помещений за 0,07% (по М. Петтенкоферу), тогда необходимый объем вентиляции возрастет до 72 м³/ч.

В современных городах, где основными источниками CO₂ являются продукты сжигания топлива, норма, предложенная М. Петтенкофером (0,07%) еще в XIX в., теряет значение, так как повышение концентрации его при этих условиях лишь свидетельствуют о недостаточной вентиляции помещения. Тем не менее, содержание углерода диоксида как критерий качества воздуха сохраняет свое значение и его используют при расчетах необходимого объема вентиляции.

Отсутствие четко установленных и общепринятых нормативов допустимого содержания в воздухе различных помещений пыли и микроорганизмов не дает возможности широко применять эти показатели для нормирования воздухообмена.

Величины рекомендованного объема вентиляции очень вариабельны, так как на порядок отличаются между собой. Гигиенистами установлена оптимальная цифра — 200 м³/ч, соответствующая строительным нормам и правилам, — не менее 20 м³/ч для общественных помещений, в которых человек находится непрерывно не дольше 3 ч.

Ионизация воздуха. Для обеспечения воздушного комфорта в закрытом помещении имеет значение также электрическое состояние воздушной среды. Последнее зависит от ионного режима, так как положительно и отрицательно заряженные ионы в воздухе являются фактором, обуславливающим определенные изменения в организме.

Доказано, что при условии соответствующего подбора доз и полярности вдыхаемого ионизированного воздуха увеличивается стойкость организма к гипоксии, холоду, влиянию токсических веществ, физической нагрузке. В процессе ионизации воздуха, кроме аэроионов, генерируются также озон и азота оксиды. Поэтому следует обращать внимание не только на изолированное действие аэроионов, но и на биологический эффект, возникающий во время ионизации воздуха в результате комплексного действия аэроионов, озона, азота оксидов и электрического поля.

Ионизация воздуха изменяется интенсивнее при увеличении количества людей в помещении и уменьшении его кубатуры. При этом снижается содержание легких аэроионов вследствие поглощения их в процессе дыхания, адсорбции поверхностями и пр., а также превращения части легких ионов в тяжелые, как это происходит из-за оседания на материальных частицах — "ядрах конденсации", количество которых резко возрастает в выдыхаемом воздухе и при поднятии в воздух пылевых частиц. С уменьшением количества легких ионов связывают потерю освежающей способности воздуха, снижение физиологической и химической активности. Поэтому представляет интерес изучение процессов деионизации и искусственной ионизации воздуха в помещениях, биологического действия деионизированного и искусственно ионизированного воздуха. Это особенно важно в условиях широкого применения установок для кондиционирования воздуха, когда ионный режим воздуха претерпевает изменения при прохождении через систему калориферов, фильтров, воздухопроводов и других агрегатов. Нет оснований сомневаться в том, что ионизированный воздух биологически активен. Целесообразно применять как отрицательные, так и положительные аэроионы. Также важным является вопрос о роли химического происхождения аэроионов в осуществлении биологического эффекта. Поэтому простое количественное воссоздание аэроионного режима в помещениях с обычным режимом для свободной атмосферы не может считаться оптимальным.

Необходимо подчеркнуть, что искусственная ионизация воздуха в условиях замкнутых помещений без достаточной подачи воздуха при высокой влажности, запылении и скоплении людей приводит к неминуемому возрастанию количества тяжелых ионов за счет ионизации молекул продуктов метаболизма человека. Кроме того, при ионизации запыленного воздуха количество пыли, которое задерживается в дыхательных путях, резко возрастает. Пыль, несущая в себе электрические заряды, задерживается в значительно большем количестве, чем нейтральная. Попадая в легкие, она теряет заряд, вследствие чего пылевые конгломераты распадаются, образуя большие поверхности. Это может привести к активизации физико-химических эффектов пыли и усилению ее биологической активности.

Таким образом, ионизация воздуха не является универсальным средством для оздоровления воздуха закрытых помещений, а иногда, наоборот, способна оказывать отрицательное действие.

Ионизованность воздуха жилых помещений следует оценивать по таким критериям. Концентрация легких (с электрической подвижностью $0,5 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ и более), как отрицательных, так и положительных ионов в воздухе жилого помещения должна быть не ниже 200 ионов/см^3 и не выше $50\,000 \text{ ионов/см}^3$. Оптимальными уровнями ионизованности воздуха предложено считать концентрации легких ионов обоих знаков в пределах $1000\text{—}3000 \text{ ионов/см}^3$, если показатель полярности составляет от минус 0,11 до плюс 0,11.

Следует заметить, что концентрация в воздухе закрытых помещений легких аэроионов свыше 1000 ионов/см^3 свидетельствует о сверхнормативном загрязнении воздуха радоном и продуктами его распада.

Ю.Д. Губернский (1978) доказал, что человек считает воздух чистым и свежим лишь в том случае, если он содержит так называемый ионно-оздоровительный комплекс.

Отрицательные изменения в состоянии здоровья людей, вынужденных работать в гермозонах, где в процессе очистки воздуха от пыли теряются и легкие аэроионы, зависят в значительной мере от деионизации воздуха. Методы обработки воздуха в кондиционерах также приводят к потере легких аэроионов, которые необходимы организму для нормального функционирования. Аналогичные процессы происходят в зоне дыхания оператора видеомонитора. Электростатическое поле уничтожает легкие аэроионы. При загрязнении воздуха аэрозолями, в том числе табачным дымом, полезные аэроионы преобразуются в тяжелые, причисляемые большинством специалистов к отрицательным факторам окружающей среды.

Для коррекции ионизованности воздуха разработаны и предложены аэроионизаторы различного типа: радиоактивные, термические, баллоэлектрические, ультрафиолетовые и аэроионные. Для жилых помещений радиоактивные и ультрафиолетовые ионизаторы применять не рекомендуется. Коронные аэроионизаторы по гигиеническим и экономическим соображениям являются наиболее целесообразными приспособлениями для искусственной оптимизации ионизованности воздуха помещений. Работа коронного ионизатора не должна сопровождаться в эргономически обусловленном пространстве физическим и химическим загрязнением воздуха в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы для населенных мест. К обязательным критериям гигиенической оценки коронных ионизаторов относятся: концентрация легких аэроионов; уровни статического электрического поля, электрического и магнитного поля (50 Гц), электромагнитного поля радиочастотного диапазона; содержание озона и азота оксидов на эргономически обусловленном расстоянии.

Освещение и инсоляция. Световой фактор, сопровождающий человека в течение жизни, обеспечивает на 80% информацией, имеет большое биологическое действие, играет первоочередную роль в регулировании самых важных жизненных функций организма.

При изучении света и его действия на организм традиционно рассматривают не только видимые, но и невидимые составляющие — УФ- и инфракрасные лучи, т. е. весь оптический участок спектра лучистой энергии. Все виды излучения имеют одинаковое физическое происхождение, но каждое монохроматическое излучение характеризуется определенной длиной волны и частотой электромагнитных колебаний. Эта разница относительно длины волны и обуславливает качественную характеристику различных участков спектра и особенности биологического действия.

Доказано, что инфракрасные лучи оказывают тепловой, а УФ-лучи — фотохимический эффект. Видимые лучи красного цвета приближаются по воздействию к инфракрасным, фиолетовые — к УФ. В целом видимый участок спектра обуславливает в организме не только местную, но и общую реакцию, часто имеющую неспецифический характер.

Видимая часть спектра из-за многочисленных экстра- и интерорецепторов влияет на органы и ткани, даже те, которые безразличны к лучистой энергии, а также на разнообразные аспекты жизнедеятельности организма. Под воздействием света происходят усиление газообмена, интенсификация азотистого, нормализация минерального обмена.

Изменение светового режима влияет на реактивную способность коры большого мозга. Видимый свет обуславливает изменения иммунологических реакций и деятельности сердечно-сосудистой системы, а также аллергические реакции. Под влиянием УФ-лучей образуются и всасываются физиологически активные вещества и витамин D. Солнечные лучи обладают бактерицидным свойством и вызывают гибель или изменение вирулентности микроорганизмов.

Среди общих физиологических реакций, возникающих под действием света, большое значение для человека имеют процессы ощущения света, внешнего мира, которые связаны с сознанием, т. е. психофизиологическая роль света. Воздействуя на светочувствительные элементы сетчатки, свет вызывает импульсы, распространяющиеся к сенсорным центрам полушарий мозга и в зависимости от условий возбуждает или угнетает кору большого мозга. Это приводит к перестройке физиологических и психических реакций, изменению общего тонуса организма, поддерживает его в деятельном и бодром состоянии. Все указанные изменения в организме возникают вследствие сложной рефлекторной реакции.

В результате сложного характера реакции организма на действие световых раздражителей не всегда удается установить количественную зависимость между уровнем излучения и ответной реакцией. Между тем все основные функции зрения (световая и цветовая чувствительность, острота зрения и скорость различия, контрастное ощущение и пр.) зависят от количества и качества освещения. Для зрительной работы существенное значение имеет не только количественная сторона освещения — уровень освещенности, но и качество освещения, т. е. условия распространения яркости на рабочей поверхности и в окружающем пространстве, контраст между рассматриваемыми деталями и фоном, условия блескости (прямой и отраженной), направленность, диффузность и спектральный состав светового потока.

Рациональным, с гигиенической точки зрения, является такое освещение, которое обеспечивает: а) оптимальные величины освещенности на окружающих поверхностях; б) равномерное освещение во времени и пространстве; в) ограничение прямой блескости; г) ограничение отраженной блескости; д) ослабление резких и глубоких теней; е) увеличение контраста между деталью и фоном, усиление яркости и цветового контраста; ж) правильное различие цветов и оттенков; з) оптимальную биологическую активность светового потока; и) безопасность и надежность освещения.

Регламентированные в настоящее время уровни освещенности являются нормативами достигаемости и не полностью обеспечивают оптимальные физиологические условия. Оптимальные условия для выполнения зрительных работ при низких значениях коэффициента отражения фона можно обеспечить только при освещенности 10 000—15 000 лк. Нормированные значения освещенности даже для производственных помещений, в которых выполняют работы наивысшей точности, при комбинированном освещении составляют 5000 лк, а для общественных и жилых помещений максимальная освещенность — 500 лк.

Освещение помещений обеспечивают за счет естественного света (естественное), световой энергии искусственных источников (искусственное) и, наконец, комбинации естественных и искусственных источников (комбинированное освещение).

Естественное освещение помещений и территорий создается главным образом за счет прямого, рассеянного, а также отраженного от окружающих предметов солнечного света. Естественное освещение необходимо предусматривать во всех помещениях, предназначенных для длительного пребывания людей.

Компенсировать недостаток естественного освещения в помещениях жилых и общественных зданий за счет искусственного разрешается только там, где этого требуют условия технологии. Не допускается совмещенное освещение¹ комнат и кухонь жилых домов, функциональных помещений общеобразовательных школ, детских дошкольных заведений и лечебно-профилактических учреждений.

Естественное освещение может быть боковым, верхним и комбинированным. Боковое освещение осуществляется через световые проемы в наружных стенах, верхнее — через проемы в крыше и фонари, комбинированное допускает наличие световых проемов в наружных стенах и потолке.

Уровни освещенности естественным светом оценивают при помощи относительного показателя КЕО (коэффициент естественного освещения) — это отношение уровня естественной освещенности внутри помещения (на самой отдаленной от окна рабочей поверхности или на полу) к одновременно определенному уровню освещенности снаружи (под открытым небом), умноженное на 100. Он показывает, какой процент от наружной освещенности составляет освещенность внутри помещения.

Потребность в нормировании относительной величины связана с тем, что естественное освещение зависит от многих факторов, прежде всего, от наруж-

¹ Совмещенное освещение — система, где недостаток естественного света компенсируется искусственным, т. е. естественный и искусственный свет совместно нормируются.

ной освещенности, которая постоянно изменяется и образует переменный режим внутри помещений.

Кроме того, естественное освещение зависит от светового климата местности — комплекса показателей ресурсов природно-световой энергии и солнечности климата. Эта характеристика учитывает дополнительный световой поток, проникающий сквозь световые проемы в помещении в течение года благодаря прямому солнечному свету, и зависит от вероятности солнечного сияния, географической широты местности, ориентации световых проемов относительно сторон горизонта, их архитектурно-конструктивного решения.

Поэтому оценка достаточности естественного освещения по световому коэффициенту, который характеризует отношение площади остекления окон к площади пола, является лишь приблизительной. Для жилых комнат в условиях теплых климатических районов световой коэффициент должен быть 1:8, для палат в больницах — 1:5—1:6. недостаток этого показателя состоит в том, что он не учитывает местных условий затенения.

По функциональному назначению и условиям зрительных работ помещения общественных зданий разделяют на три группы:

- 1) помещения, предназначенные для выполнения тонких зрительных работ при фиксированном направлении линии зрения на рабочую поверхность;
- 2) помещения, в которых должны различать объекты и осматривать окружающее пространство;
- 3) помещения, где лишь осматривают окружающее пространство.

В соответствии со строительными нормами для некоторых жилых и общественных зданий, минимальное значение КЕО и уровни искусственной освещенности должны соответствовать определенным величинам (табл. 119).

ТАБЛИЦА 119

Нормативы освещенности некоторых помещений
(СниП II-4-79 "Естественное и искусственное освещение")

Помещение	Искусственное освещение, (освещенность, лк)	КЕО при естественном освещении для III светового пояса, %		
		Верхнее и комбинированное	Боковое	Поверхность
Жилая комната	100	—	0,5	Пол
Кухня	100	—	0,5	Условная рабочая поверхность
Читальные залы	300	3	1,0	То же
Аудитории, лаборатории	300	4	1,5	"
Операционная	400	7	2,5	"
Кабинет врача	150—500*	—	1,0	"
Палата	50—150"	—	1,0	"

* Нормативы приведены для люминесцентных ламп. При использовании ламп накаливания допускается снижение этого уровня.

** В зависимости от назначения кабинета и палаты: хирургический — 500 лк; кабинет, в котором не принимают больных — 150 лк; палата для соматических больных (взрослых) — 50 лк; палата для новорожденных — 150лк.

Приведенные данные иллюстрируют дифференцированность норматива КЕО: для аудиторий этот показатель при боковом освещении составляет 1,5%, для жилой комнаты и кухни — 0,5% и т. п. Следует обратить внимание на то, что нормативы установлены и для поверхностей — условной рабочей поверхности или пола.

При верхнем или комбинированном освещении требуются большие значения КЕО, например, для операционных он равен 7%, при боковом освещении — лишь 2,5%.

Нормированное КЕО ($КЕО_n$) в процентах с учетом характера зрительной работы и светового климата в районе расположения здания на территории Украины определяют по формуле:

$$КЕО_n = e_{ш} \cdot c \cdot m,$$

где $e_{ш}$ — значение КЕО в процентах при рассеянном свете для III светового пояса, что определяется с учетом характера зрительной работы (СНиП И-4-79); m — коэффициент светового климата, т. е. совокупности условий природного освещения в той или иной местности, учитывающий эти особенности (табл. 120); c — коэффициент солнечности климата, учитывающий дополнительный световой поток за счет прямого и отраженного солнечного света. Для Украины он принимается от 0,7 до 1 (в зависимости от ориентации световых проемов).

Таким образом, для одних и тех же по назначению помещений, но расположенных в разных местностях, нормативы КЕО будут различными. Для местности с меньшим световым потенциалом он будет большим и наоборот.

Есть две группы методов определения КЕО — инструментальные и расчетные. Для расчетных методов не нужна специальная аппаратура. Их используют при осуществлении как текущего, так и предупредительного санитарного надзора.

Для расчета КЕО при боковом верхнем и комбинированном освещении предложены формулы. В них учтены все компоненты естественного света, участвующие в создании освещенности помещения. Полностью методика определения КЕО изложена в строительных нормах (СНиП И-4-79).

В предупредительном санитарном надзоре расчетный метод применяют для прогнозов при решении вопросов о расположении отдельных зданий на территории, согласовании надстроек и других видов реконструкции. Значение КЕО для санитарного надзора при условии естественного освещения велико, так как соблюдение этого норматива является обязательным для жилых комнат и других функциональных помещений жилых и общественных зданий. Этим КЕО отличается от нормативного показателя продолжительности инсоляции, который необходимо учитывать хотя бы в одной из жилых комнат квартиры с двухсторонней ориентацией.

Искусственное освещение. Преимуществом искусственного освещения является возможность обеспечить в любом помещении желательный уровень

ТАБЛИЦА 120
**Значение
коэффициента
светового климата**

освещенности. Существуют две системы искусственного освещения: а) общее освещение; б) комбинированное освещение, когда общее дополняют местным, концентрирующим свет непосредственно на рабочих местах.

Искусственное освещение должно соответствовать следующим санитарно-гигиеническим требованиям: быть достаточно интенсивным, равномерным; обеспечивать правильное тенеобразование; не ослеплять и не искажать цвета; быть безопасным и надежным; по спектральному составу приближаться к дневному освещению.

Общее освещение разделяют на равномерное (распределение светового потока без учета расположения установок) и локализованное (распределение светового потока с учетом расположения рабочих мест).

Нормируют абсолютные минимальные уровни освещенности рабочих поверхностей и объектов различия в помещениях. Вопросы организации искусственного освещения жилых и общественных зданий регламентированы строительными нормами (СНиП И-4-79), которые определяют не только количественное обеспечение освещенности, но и соответствующее ее качество. Нормирование искусственного освещения, как и естественного, проводят дифференцированно. Нормативы устанавливают в зависимости от условий зрительной работы, системы освещения и типа источников света.

Для обеспечения надлежащего качества искусственного освещения, кроме уровня освещенности, регламентируют некоторые дополнительные расчетные показатели:

- показатель дискомфорта, оценивающий дискомфортную блескостность для ограничения ослепления от установок;
- коэффициент пульсации освещенности — коэффициент колебаний освещенности вследствие изменений во времени светового потока (для обеспечения равномерности во времени);
- показатель ослепления, выражающийся отношением видимости при экранировании к видимости при наличии блескостности.

Искусственное освещение жилых и общественных зданий обеспечивают лампами накаливания или люминесцентными. Лампы накаливания характеризуются спектром излучения, который отличается от дневного света меньшим содержанием синего и фиолетового излучений и большим — красного и желтого. Эти лампы имеют значительную яркость, поэтому следует устанавливать защитную осветительную арматуру. При люминесцентном освещении, которое по спектру ближе к дневному, комфортность освещения значительно выше, чем при освещении лампами накаливания. Но уровень освещенности должен быть 2 раза выше.

Качество искусственного света по перечисленным выше показателям зависит также от осветительной арматуры, ее характеристики и условий эксплуатации. Например, степень защиты глаза от ослепительной яркости ламп зависит от защитного угла светильника, т. е. угла между горизонталью, проходящей через поверхность лампы, и линией, соединяющей край светящейся поверхности, с противоположным краем абажура. Для светильников местного освещения защитный угол должен быть не менее 30°.

Люминесцентные светильники должны быть укомплектованы пускорегулирующими аппаратами со сверхнизким уровнем шума. В жилых помещениях рекомендуют использовать многоламповые люминесцентные светильники с уменьшенной пульсацией светового потока.

Оценка достаточности искусственного освещения может быть проведена на основании инструментальных замеров и без измерений, в том числе в проектах, расчетными средствами. Для обеспечения надлежащего уровня общей освещенности жилой комнаты лампы в светильниках должны иметь удельную мощность не менее 15 Вт/м².

Инсоляция. Облучение прямым солнечным светом является крайне необходимым фактором, оказывающим оздоровительное действие на организм человека и бактерицидное на микрофлору окружающей среды.

Положительный эффект солнечного излучения отмечается как на открытых территориях, так и внутри помещений. Однако эта способность реализуется лишь при достаточной дозе прямых солнечных лучей, что определяется таким показателем, как продолжительность инсоляции. Санитарными нормами инсоляции жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки городов регламентирована продолжительность инсоляции в периоды равноденствия. Для обеспечения максимального бактерицидного эффекта регламентирована также потребность в обеспечении непрерывного режима инсоляции.

Санитарные нормы инсоляции, благоприятствуя улучшению гигиенических условий жилья, играют положительную роль и в упорядочении городской застройки, так как они позволяют косвенно регламентировать плотность жилой застройки, размер и организацию приусадебных участков.

Особая роль при инсоляции помещений принадлежит УФ-излучению, которое способно убивать микроорганизмы, в частности болезнетворные. УФ-излучение положительно влияет также на психофизиологические реакции организма человека, поддерживая его общий тонус, предупреждает заболевания.

Норма продолжительности инсоляции в значительной мере основывается на опытах Б.К. Беликовой (1966), которые показали высокую эффективность действия прямой солнечной радиации на культуру золотистого пиогенного стафилококка и кишечной палочки. Поскольку УФ-лучи проходят сквозь стекло, эффективность бактерицидного действия прямой солнечной радиации на гигиеническое состояние жилых помещений следует считать неопровержимым фактом. Другое дело, что эффективность этого действия, если окна имеют спаренные рамы с двойным и тройным стеклом, не точно определена во времени. Кроме того, остается не установленным влияние на эффективность инсоляции размеров окон, глубины помещения, интенсивности УФ-излучения в разные часы инсоляции, поры года и пр.

В градостроительстве давно назрела проблема рациональной застройки населенных пунктов. При формировании селитебных микрорайонов городов большое значение придают инсоляции территории и помещений жилых и общественных зданий. Дозовый подход при нормировании природного УФ-излучения является одним из путей научного обоснования длительности и прерывистости инсоляции, что обеспечивает общеоздоровительное и бактерицидное

действие солнечных лучей. Такой подход может быть использован при объемных планировочных и конструктивных решениях проектирования и строительства жилых и общественных зданий, особенно при оптимизации ориентации этих объектов в местах их расположения. Он позволяет скорректировать требования норм инсоляции и плотности жилищного фонда в городах.

Пространственные параметры квартиры и жилого дома тесно связаны с гигиеническим комфортом. Например, такие из них, как жилая площадь, высота помещений, наличие приквартирных открытых помещений и пр., необходимо рассматривать одновременно как в типологическом аспекте, так и в гигиеническом.

Одним из наиболее важных условий для создания комфорта в жилище является соблюдение в практике жилищного строительства принципа "каждой семье — отдельная квартира или индивидуальный дом". Очевидно, со временем этот принцип должен быть дополнен новым: "каждому члену семьи — отдельная комната".

Социолого-гигиенические исследования позволили установить такой наиболее важный показатель, как оптимум жилой площади. Величина его колебаний в зависимости от демографических показателей и профессиональной ориентации членов семьи составляет в среднем $17,5 \pm 0,5 \text{ м}^2$ на 1 человека.

В дальнейшем прогнозируют проектирование квартир из расчета 18—19 м^2 общей площади на 1 человека во время заселения. Это значительно повысит уровень комфорта.

Высота жилых помещений обуславливает кубатуру помещений, которая приходится на 1 человека. В этом состоит ее гигиеническое значение. Кроме того, высота помещений влияет и на психологическое восприятие пространства в квартире. По отечественным нормативным документам она должна составлять не менее 2,5 м. Этот норматив был утвержден в бывшем Советском Союзе еще в 1957 г. как временный. Исследования гигиенистов показали, что загрязненный воздух обычно концентрируется под потолком и его толщина достигает 0,75 м и более. С учетом этого факта минимально допустимая высота жилых помещений должна быть не менее 3 м. Эту величину рассчитывают следующим образом: средний рост человека (1,7 м) + толщина загрязненного воздуха (0,75 м) + расстояние между головой и слоем загрязненного воздуха (0,5 м).

Способы обеспечения нормативных требований к условиям среды закрытых помещений

Для создания физиологического оптимума при действии некоторых факторов среды закрытых помещений, а также психогигиенического комфорта, что в широком социально-гигиеническом аспекте обеспечивается архитектурно-планировочными решениями здания (площадь и объем, пропорции и высота), оборудованием и отделкой, социально-бытовой организацией и т. п., в практике жилищного строительства используют различные способы. К ним отно-

сятся как инженерные, так и архитектурно-планировочные, а также режимные средства.

Строительные материалы и конструкции. В современном здании элементом искусственной стабилизации системы являются ограждения, позволяющие, прежде всего, поддерживать равномерную температуру. Поэтому правильный выбор материалов и конструкций является одним из средств оптимизации внутренней среды сооружения.

С точки зрения гигиены, строительные материалы должны отвечать следующим требованиям: а) иметь низкую теплопроводность и обеспечивать достаточное термическое сопротивление и теплостойкость ограждений; б) иметь хорошую воздухопроницаемость и пористость; в) быть негигроскопичными и обладать низкой звукопроводимостью; г) обеспечивать прочность, огнестойкость, долговечность сооружений; д) не выделять в окружающую среду летучих веществ в концентрациях, способных оказывать прямое или опосредованное действие на здоровье человека и создающих запах; е) не стимулировать развитие микрофлоры, рост грибов; ж) иметь цвет и фактуру, отвечающую физиологическим и эстетическим запросам человека.

Теплопроводность — это свойство материала проводить тепловой поток, возникающий вследствие разницы между температурами поверхностей, ограничивающих материал. Для сравнительной характеристики разных строительных материалов используют коэффициент теплопроводности, который показывает количество тепла (Вт, ккал), проникающего через ограждение (площадь 1 м^2) толщиной 1 м , в 1 ч при разнице температур на поверхностях 1°C .

Воздух имеет коэффициент теплопроводности $0,02$, что значительно ниже любого строительного материала. Благодаря этому теплопроводность строительных материалов будет тем меньше, чем больше их пористость. Но эта способность воздуха реализуется лучше, если он содержится в небольшом замкнутом пространстве. Поэтому мелкопористые материалы имеют меньшую теплопроводность, чем такие же крупнопористые.

Теплоемкость — это свойство материала поглощать тепло при повышении его температуры. Показателем теплоемкости строительных материалов является их удельная теплоемкость, т. е. количество тепла (Вт, ккал), которое необходимо передать 1 кг материала, чтобы нагреть его на 1°C . ЭР

Теплоусвоение — свойство материалов воспринимать тепло при колебаниях температуры на поверхности. Чем больше коэффициент теплоусвоения материала, тем больше тепла требуется ограждению для повышения его температуры на 1°C .

Теплозащитные свойства наружных ограждений характеризуются *общим коэффициентом теплопередачи* (R_0). Это количество тепла, проходящего за 1 ч через 1 м^2 поверхности ограждения при разнице температур воздуха с обеих сторон ограждения в 1°C . Обратную величину общего коэффициента теплопередачи ($1/R_0$) называют общим термическим сопротивлением теплопередачи (свойство строительного материала препятствовать прохождению тепла).

В современном строительстве жилых и общественных зданий изменились нормативные величины теплоизоляционных свойств наружных ограждающих

конструктивных элементов, в том числе световых проемов. Применение новых показателей теплопередачи стало возможным благодаря нанесению на наружные поверхности ограждений специальной системы штукатурок и слоев, состоящих из таких низкотеплопроводных материалов, как пенополистирол. Конструкция окон также изменилась. Их изготавливают из пластиковой или металлической арматуры по высокоточным технологиям с использованием уплотнительных материалов и приспособлений. Оконные проемы заполняют специальными стеклопакетами с двумя или даже тремя вакуумированными слоями. Такие окна открываются в нескольких плоскостях. Специальные приспособления регулируют вентиляцию помещений.

Материалы, применяемые в жилищном строительстве, можно разделить на две группы: естественные и искусственные. Естественными являются дерево, гранит, базальт, диабаз, туф, ракушечник, мрамор, песок, гравий, нежирная и жирная глина, супески; искусственными — различные виды кирпича (обожженный и необожженный, саманный, силикатный и т. д.), термоблоки; искусственные вязкие вещества — гипс (алебастр), портландцемент, известь, шлакопортландцемент, магнезит, асфальт, асбест и асбоцемент; стекло (оконное, теплозащитное) и изделия из стекла (стекловолокно и стекловата), минеральная вата.

Материалы, содержащие асбест, применяют внутри тепло- и звукоизолирующих конструкций и перегородок во всех типах зданий. Если их используют для отделки внутренних поверхностей помещений, то покрывают 2—3 слоями краски, кафелем и пр.

Из асбестосодержащих материалов недопустимо изготавливать вентиляционные короба и воздухопроводы с интенсивным движением воздуха.

Особую группу искусственных строительных материалов составляют синтетические полимерные материалы (пластмассы). Широкое их использование обусловлено тем, что пластмассы обладают рядом положительных свойств (небольшая масса, высокая прочность, низкая теплопроводность, химическая стойкость). Большой интерес, с практической точки зрения, представляет их высокая нестираемость. Некоторые пластмассы крепкие, прозрачные и пропускают свет в широком диапазоне волн, в том числе и УФ-часть спектра (органическое стекло). Ценным свойством пластмасс является также легкость их обработки, возможность придания им разнообразной формы.

Способность пластмассовых изделий склеиваться между собой или с другими материалами открывает большие перспективы для производства комбинированных склеенных строительных материалов и конструкций. Пластмассовые изделия легко свариваются горячим воздухом, что значительно упрощает некоторые виды работ.

Вместе с тем синтетические строительные материалы и конструкции из них, с гигиенической точки зрения, имеют и определенные отрицательные свойства.

1. Они могут выделять в воздушную среду помещений такие вещества, как свободные мономеры, обладающие летучестью и токсичностью. Иногда в воздухе помещений могут быть недопустимые концентрации этих веществ. Известны случаи, когда в воздух жилых помещений, для отделки которых использо-

вали древесно-стружечные плиты, в токсичных концентрациях выделялись фенол и формальдегид, содержащиеся в фенолформальдегидной смоле.

Кроме свободных мономеров, могут выделяться и разнообразные добавки к полимерным материалам: катализаторы, пластификаторы, отвердители и др. Множество из этих веществ летучие и ядовитые. Например, для изготовления многих синтетических строительных материалов используют в качестве пластификатора дибутилфталат, который может вызвать появление постороннего запаха в жилище. В воздушной среде помещений может накапливаться также летучее ядовитое вещество гидроперекись изопропилбензола, которое входит как отвердитель в рецептуру стеклопластиков на основе насыщенных полиэфирных смол.

Вредные вещества выделяются из синтетических материалов не только за счет продуктов, не задействованных в реакции полимеризации, но и в результате деструкции полимера, которая происходит под влиянием различных факторов внешней среды (тепло, влага, УФ-излучение, механические нагрузки).

Полимерные материалы, используемые в жилищном строительстве, должны быть стойкими к термической деструкции. При пожаре или чрезмерном нагревании (короткое замыкание, нагревание термоприборов и т. п.) за нормативное время эвакуации (20 мин) не должны выделяться вещества в концентрациях, вызывающих острое отравление человека и делающих его неспособным оставить опасное помещение самостоятельно из-за обморока или других тяжелых психофизиологических изменений в организме.

2. Неблагоприятное влияние некоторых полимерных материалов (главным образом, бесосновных покрытий для пола) связано с их низкими теплозащитными свойствами.

3. На поверхности отдельных синтетических покрытий для полов могут возникать под влиянием трения при хождении высокие заряды статического электричества, которые вызывают у проживающих неприятное, а иногда и болевое ощущение. Возникает статическое электрическое поле, или потенциализация тела человека, до величин, способных провоцировать болевой искровой разряд при контакте его с проводниками. Кроме того, статические электрические заряды на поверхности пола, потолка и стен затрудняют уборку помещений, ухудшают некоторые показатели воздушной среды.

Полимерные материалы, используемые для строительства жилых помещений, не должны быть причиной появления в месте постоянного пребывания человека статического электрического поля, напряженность которого превышает 15 кВ/м.

4. В результате применения пластмасс в строительстве водопроводов (и в водоснабжении вообще) из труб и других санитарно-технических изделий могут вымываться в питьевую воду различные компоненты пластмасс, что ухудшает качество воды.

5. Некоторые полимеры имеют биологическую активность, они могут стимулировать рост водорослей и бактерий.

Виды пластмасс чрезвычайно разнообразны. Чаще всего в строительстве применяют такие группы синтезированных нашей промышленностью полиме-

ров: полиолефины (полиэтилен, полипропилен, сополимеры), поливинилхлорид и сополимеры винилхлорида, аминсмолы (аминопласты), полистирол, полиэфирные смолы (насыщенные и ненасыщенные), фенолформальдегидные смолы (фенопласты), полимеры на основе винилацетата, полиформальдегид, эпоксидные смолы, эфиры целлюлозы, полиамиды, полиакрилаты. Кроме того, все большее распространение в строительстве приобретают новые виды полимеров (полиуретаны, поликарбонаты и др.), а также синтетические каучуки и ластики.

Из полиэтилена и полипропилена изготавливают водопроводные, канализационные, газовые трубы и трубы малого диаметра для скрытой электропроводки. Пленки из полиэтилена и полипропилена различной толщины используют для гидро-, паро- и газоизоляции различных строительных конструкций.

Поливинилхлорид применяют для изготовления линолеума, линкруста, павинола, гидро- и газоизоляционных пленок, вентиляционных коробов, порошковых для тепловой изоляции и различных погонажных изделий. Из него также изготавливают трубы для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В жилищном строительстве разрешено применять только такие полимерные материалы, которые не образуют в воздухе жилища вредных веществ в концентрациях, превышающих среднесуточные ПДК для атмосферного воздуха, и не создают запаха свыше 2 баллов по шкале Р.Х. Райта (1966), согласно методическим указаниям МЗ СССР № 2158-80.

Полимерные материалы, в процессе эксплуатации которых могут выделяться химические вещества I и II класса опасности для атмосферного воздуха, использовать в строительстве не разрешается.

Для отделки стен, оборудования полов жилых домов при наличии лучистого отопления применять полимерные материалы не рекомендуется.

Все полимерные материалы, используемые в жилищном строительстве, особенно импортные, должны быть разрешены органами и учреждениями Госсанэпиднадзора Украины.

Врач-гигиенист, осуществляя санитарный надзор за строительством, должен оценить устройство и качество отдельных частей здания с точки зрения обеспечения удовлетворительных гигиенических условий среды в помещениях. Для этого необходимо иметь сведения об их назначении и оборудовании.

Каждое здание состоит из следующих частей: фундамента, стен и перегородок, междуэтажных, чердачных перекрытий, крыши и кровли, лестницы, окон, дверей и полов (рис. 113). Все сооружения возводятся на грунте, принимающем и передающем нагрузки. Слой грунта, на котором возводят здание, называется основанием. Основание размещают обычно на грунтах, залегающих на некоторой глубине от поверхности земли. Плотный устойчивый грунт, лежащий ниже линии промерзания, называется материком. Насыпные грунты обычно загрязнены органическими веществами и могут быть непригодными для строительства.

Для обеспечения устойчивости здания необходимо предусмотреть определенную глубину залегания фундамента — на 0,1—0,25 м ниже глубины промерзания грунта.

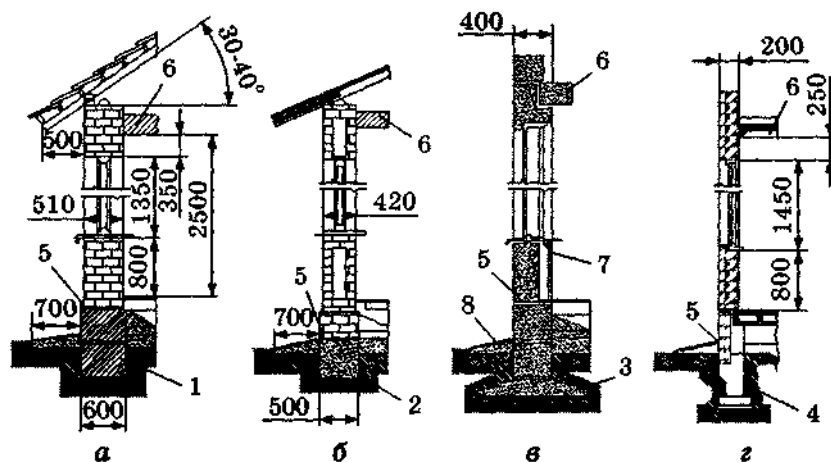


Рис. 113. Строительные конструкции:

а — стена кирпичная; *б* — кирпично-шлаковая стена; *в* — стена из больших блоков; *г* — навесная стена из утепленных прокатных панелей. Фундаменты: 1 — из бетонных блоков; 2 — из бутобетона; 3 — фундаментная блок-подушка; 4 — сборный башмак стаканного типа; 5 — гидроизоляция; 6 — перекрытие; 7 — отопительная панель; 8 — отмостка

Фундамент — подземная часть здания. Его назначение — передавать давление от строения на основание. Фундамент должен обеспечить устойчивость и прочность здания и вместе с тем противостоять разрушительному действию сырости и мороза. Его закладывают на такой глубине, чтобы расстояние от наивысшего уровня грунтовых вод до подошвы фундамента составляло не менее 0,5–1 м. Если условия не дают возможности выдержать это расстояние, оборудуют дренаж. Дренаж — это система закрытых каналов или подземных труб, проложенных с продольным уклоном в сторону сборной канавы, которая отводит воду в пруд, озеро или овраг, снижая таким образом уровень грунтовых вод. Если дренаж установить невозможно, фундамент возводят на деревянных или железобетонных сваях.

Для оборудования фундаментов часто используют бутовый камень плотных известняковых пород, в сухих грунтах — кирпич-железняк или хорошо обожженный красный кирпич и др. Фундамент оборудуют в земле, поэтому на него постоянно или периодически влияют грунтовые воды. Через поры в каменной кладке вода, благодаря капиллярности, поднимается вверх и может проникнуть в стены здания на значительную высоту — до 1,5–2 м. Поэтому для предотвращения сырости между фундаментом и нижней частью стены делают горизонтальную гидроизоляцию (2–3 слоя рубероида, проклеенных горячей смолой), а боковые стороны фундамента обрабатывают горячей смолой (вертикальная гидроизоляция).

Нижняя часть стены от уровня земли или от среза фундамента до уровня пола первого этажа называется *цоколем*. Назначение цоколя — защитить стену от влияния атмосферных осадков, влаги, а также защитить подполье от продувания, загрязнения и занесения снегом. Подполье имеет большое значение для

тепловой экономии всего здания, поэтому оно должно быть сухим, теплым и не охлаждаться вследствие промерзания грунта. Отсутствие утепления подполья при промерзающем цоколе не обеспечит нормального гигиенического режима здания и может обусловить резкое охлаждение полов первого этажа, а также проникновение холодных потоков воздуха в помещения.

Для постоянной и интенсивной вентиляции подполья и защиты деревянных частей от сырости и поражения домовым грибом в цоколе оборудуют отверстия-продухи, или отдушины. Их размещают с обеих сторон дома, если это рядовая застройка, и с четырех сторон — если открытая, не ниже 0,1 м над поверхностью земли. Размеры должны обеспечить поступление достаточного количества воздуха и света в подвал. Зимой отдушины закрывают.

Для предотвращения проникновения в подполье комаров, обычно зимующих в нем, в отверстия отдушин с внутренней стороны вставляют густые металлические сетки. Снаружи отдушины закрывают металлическими решетками, чтобы в подполье не проникли грызуны.

Для предупреждения конденсации влаги в подвале оборудуют вентиляцию: в стенах помещения на высоте 20—25 см от уровня пола ставят решетки, соединенные каналами с подпольем. Такая вентиляция обеспечит обмен воздуха помещений и подполья. Для этого делают также щелевые плинтуса.

Стены выполняют несущую и теплоизоляционную роль: защищают помещение от колебаний наружной температуры, ветра и влаги и обеспечивают благоприятный постоянный температурно-влажностный режим. Теплоизоляционная роль стен как наружного ограждения состоит в сопротивлении прохождению через них теплового потока и прямо зависит от разницы температур внутри помещения и вне него.

Главными теплотехническими показателями наружных стен являются термическое сопротивление и теплостойкость. Для формирования благоприятных теплотехнических свойств стены имеют значение ее толщина и однородность материала. В массивных стенах толщина слоя с резкими колебаниями температуры не зависит непосредственно от толщины конструкции и определяется исключительно свойствами материала. Так, для кирпичной стены толщина слоя с резкими колебаниями равна 0,088 м, а для деревянной — 0,039 м.

Совсем другие условия создаются в многослойных конструкциях стен, состоящих из слоев с разным теплоусвоением. В тонком слое тепловые волны не затухают, а, проходя через него, передают тепло какой-нибудь следующей среде — другому слою стены или воздушному пространству.

В многослойной конструкции стены резкие колебания могут распространяться в зависимости от типа конструкции на значительную ее часть. В этом случае она становится недостаточно теплостойкой, быстро реагирует на колебания температуры воздуха в помещении. Внутри конструкции происходят явления, обусловленные снижением температуры, — конденсация и промерзание.

Улучшение теплозащитных свойств ограждения может быть достигнуто: а) соответствующим утолщением стен или использованием дополнительного теплоизоляционного слоя; б) увеличением коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности стены посредством расположения на этой поверхности

материалов с большим коэффициентом теплоусвоения, например, плотных фибролитовых плит, штукатурки и др.; в) уменьшением периода колебаний теплового потока, применением рациональных средств отопления с равномерной отдачей тепла.

Назначение *междуэтажных перекрытий* состоит в разделении дома по высоте на этажи и в их изоляции. Главные санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к перекрытиям, следующие: а) перекрытия должны иметь достаточную изоляционную способность (звуко-, вибро-, тепло-, влагоизоляцию, водо- и газонепроницаемость); б) перекрытия из дерева должны быть защищены от развития в них домовых грибов.

Различают перекрытия междуэтажные, чердачные и надподвальные. Каждое перекрытие обеспечивает определенный вид изоляции: междуэтажные перекрытия — прежде всего звукоизоляцию, чердачные и надподвальные — теплоизоляцию, а перекрытия санитарного узла (ванны и туалеты) — гидроизоляцию.

Основное теплотехническое требование к перекрытию — обеспечение достаточного термического сопротивления. Величина его зависит от характера помещений, разделяемых перекрытием. Особое значение имеют теплотехнические свойства тех участков, где к наружным стенам прилегают чердачные перекрытия, а также пол первого этажа в бесподвальных зданиях. В этих местах, как и в углах наружных стен, температура внутренней поверхности стен сильно снижена, что может вызвать образование конденсата как на этом участке стены, так и на перекрытии. Поэтому особенно важно повышать теплозащитные свойства чердачных перекрытий и полов первого этажа в местах их прикрытия к стенам.

Большинство перекрытий состоит из двух основных частей: несущей конструкции и наполнения. Несущая конструкция воспринимает нагрузку от перекрытия. Функции наполнения различны: оно придает перекрытию надлежащие теплотехнические и акустические свойства, служит основой для настилки пола, а также подшивки потолка.

Пол является верхней поверхностью междуэтажного перекрытия. С санитарно-гигиенической точки зрения, он должен быть: а) теплым, иметь небольшой коэффициент теплоусвоения; б) мягким при ходьбе; в) нескользким, ровным; г) водонепроницаемым; д) не создавать шума во время ходьбы; е) легко очищаться; ж) иметь как можно меньшее количество швов. Теплопроводность и теплоусвоение пола обычно имеют особое значение.

Наиболее гигиеничен деревянный пол. К его положительным санитарно-гигиеническим свойствам относится малая теплопроводность, большой коэффициент теплоусвоения, мягкость, бесшумность и удобство для уборки; недостатками является водопроницаемость вследствие образования щелей из-за усушки досок.

Чаще всего для настилки полов в жилых и общественных зданиях используют синтетические покрытия, показатель тепловой активности которых нормируется и колеблется для разных типов сооружений.

Окна должны отвечать следующим гигиеническим требованиям: 1) быть достаточными по размерам, чтобы обеспечить нормированные световые коэф-

фициенты для помещений разного назначения (не менее 1:8; 2) их конструкция должна обеспечивать свободный доступ наружного воздуха для проветривания; 3) иметь теплозащитные свойства в соответствии с климатическими условиями; 4) быть в меру звукопроходимыми.

Наилучшим типом окон являются окна-пакеты, в которых двойные или тройные стекла вмонтированы в раму, открывающуюся поворотом вокруг центральной вертикальной или горизонтальной оси. При плотной подгонке к раме такое устройство имеет хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства, идеально обеспечивает быстрое проветривание и поддержание чистоты стекол.

Высоту окон нужно выбирать наибольшую для улучшения условий естественного освещения. При определении максимальной высоты окна необходимо учитывать, что высота от уровня пола до подоконника должна составлять 0,7—0,9 м, а расстояние от потолка до верхнего края окна — 0,15—0,3 м. Разница между высотой помещения и этими размерами определяет высоту окна. Ширина окон колеблется от 1 до 2,5 м. Для жилых помещений достаточно одного окна. Исследования показали, что оборудование двух окон и более в комнате на одной стене создает зоны затемнения, уменьшает впечатление уюта. Поэтому оконный простенок не должен превышать двойной ширины окна.

Для сообщения между этажами оборудуют *лестничные клетки*. Основными элементами лестницы являются марши, которые состоят из ступенек и площадок. Они имеют большое санитарно-гигиеническое значение. Их назначение — максимально уменьшить работу мышц человека и одновременно ослабить нагрузку на сердце и органы дыхания. Это и обуславливает требования к их оборудованию. Между этажами должно быть не менее двух маршей.

В марше обычно оборудуют не менее 3 ступенек и не более 18 (желательно 15). Высота их — не менее 15 см и не более 17 см. Ширина ступенек — от 27 см до 31 см. В основе этих расчетов лежит эмпирическое положение, что для удобного поднимания ступеньками важно, чтобы двойная высота (а) + ширина (в) ступеньки приблизительно равнялись нормальному шагу человека (65 см), т. е.: $2a + b = 60—65$ см.

Площадки для лестниц должны иметь ширину, равную ширине марша, т. е. не меньше 1,05 м в секционных домах и не меньше 1,2 м в домах коридорного типа. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям, наклон ступенек должен быть более пологим при сохранении обычной средней длины шага взрослого человека (для двухэтажных жилых зданий — не более 1:1,5, для трехэтажных и более — до 1:1,75).

В соответствии с санитарным законодательством, лестничные клетки можно оборудовать приборами отопления, мусоропроводами, электрическими щитами и почтовыми ящиками при условии, что нормативная ширина проходов на лестничной клетке и маршах не уменьшается.

Лестничные клетки должны иметь естественное освещение — сквозь окна в наружных стенах каждого этажа.

Лестничные клетки проветривают посредством окон, площадь открывания которых на каждом этаже должна быть не менее 1,2 м².

Отопление. Улучшения микроклиматических условий в жилых помещениях в холодное время года достигают путем оборудования систем отопления. Различают *местное* (печное) и *центральное* отопление. Система отопления, при которой в отапливаемом помещении тепло генерируется и используется, называется местной. При центральных системах нагревается теплоноситель за пределами отапливаемых помещений, затем по трубам подается в нагревательные приборы (вода, пар) или по каналам (воздух) — непосредственно в помещение.

Независимо от того, какая система отопления используется, она должна отвечать таким требованиям: а) равномерно нагревать воздух помещения в допустимых пределах; б) не быть источником загрязнения воздуха помещений; в) иметь возможность для автоматического централизованного или индивидуального регулирования степени нагревания; в) быть простой в эксплуатации; г) быть пожаробезопасной; д) отвечать эстетическим требованиям.

Как свидетельствует летопись Российской академии наук, в России начали строить кирпичные печи в 1736 г. Со временем они появились в Германии, Франции и других странах Европы.

В современных условиях, кроме печного отопления, используют электрическое или газовое. Для этого газ и электроэнергию транспортируют по трубам или проводам, т.е. предусматривают дополнительные элементы системы (электропровода и газопроводы).

Системы местного отопления имеют следующие недостатки: неравномерность температуры воздуха в помещениях в течение суток; наличие в отапливаемом помещении отрицательной радиации (главным образом, от наружных стен и окон); относительно высокая температура на отдельных участках поверхности нагревательных приборов (печей, электронагревателей и др.), что обуславливает пригорание пыли и ухудшение состава воздуха в помещениях; загрязнение помещений (если отапливают дровами, торфом или углем) топливом, пеплом, дымом и др.; сложности по регулированию теплоотдачи нагревательных поверхностей; опасность пожаров, выделения вредных газов. Пыль не пригорает, если температура поверхности отопительных приборов не превышает 70—80 °С.

Системы *центрального* отопления содержат три основных элемента: генератор тепла, теплопроводы с теплоносителем (для транспортирования его от места получения до отапливаемого помещения) и нагревательные приборы (для передачи тепла помещению). Эти системы появились в начале XIX в. Они имеют ряд существенных преимуществ: обеспечение в помещениях равномерного теплового режима; отсутствие загрязнения продуктами горения и топливом, удобное и надежное управление. Системы отопления в зависимости от теплоносителя делят на *водяные*, *пароводяные*, *воздушные* и др. Самые распространенные центральные водяные системы отопления (рис. 114), так как температура теплоносителя — воды, циркулирующей в этих системах, не превышает величины, регламентированной строительными нормами. Это дает возможность избежать перегрева поверхности нагревательных приборов. Они могут быть двух- и однотрубными, с верхней или нижней разводкой. Однотруб-

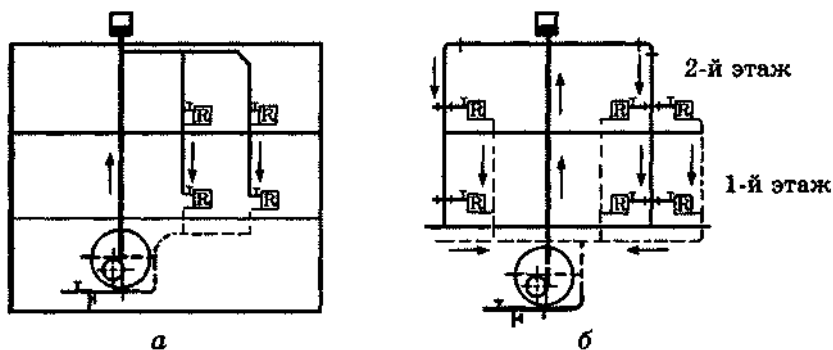


Рис. 114. Центральное водяное отопление (схема):
а — однотрубное; б — двухтрубное; R — радиаторы

ные системы применяют в многоквартирных домах, так как они экономически выгодные (меньшие затраты металла), простые для монтажа, имеют более высокую гидравлическую и тепловую стойкость. К недостаткам этой системы относится то, что невозможно индивидуально (поквартирно) вычислить затраты тепла, что актуально в современных условиях.

Используют также комбинированные системы — пароводяные и т. п., где первичным теплоносителем, поступающим в центральный тепловой пункт дома, является горячая вода (температура до 150°C) или пар низкого или высокого давления, а вторичным — вода, направляемая в нагревательные приборы.

Системы центрального отопления, где вторичным теплоносителем, поступающим в нагревательные приборы, служит пар низкого или среднего давления, в жилых и общественных зданиях почти не применяют из-за высокой температуры на поверхности нагревательных приборов и трудностями ее регулирования.

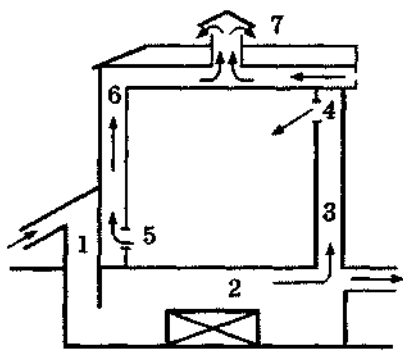


Рис. 115. Схема воздушного отопления:

1 — приемник воздуха; 2 — камера;
3 — воздухопровод; 4, 5 — решетки;
6 — вытяжной канал; 7 — вытяжная шахта

Наряду с водяным и паровым, используют воздушное отопление, где теплоносителем является нагретый в калориферах и увлажненный наружный воздух. На рис. 115 приведена схема воздушного отопления. Свежий наружный воздух через приемник поступает в камеру, где нагревается до необходимой температуры, и по каналу через решетки подается в помещение. После охлаждения до температуры помещения отработанный воздух через решетки вытяжным каналом выбрасывается в атмосферу.

Воздух поступает в верхнюю зону отапливаемых помещений по сети каналов и одновременно с функцией теплоносителя вы-

Системы отопления жилых и общественных зданий

Здания и помещения	Системы отопления, отопительные приборы, теплоноситель и его предельная температура
Жилые, общественные и административно-бытовые здания, кроме указанных ниже	Водяное с радиаторами и конвекторами, при температуре теплоносителя для систем: 95 °С—двухтрубные и 105 °С — однотрубные. Водяное с вмонтированными в перекрытия и пол нагревательными элементами. Воздушное. Местное (квартирное) водяное с радиаторами или конвекторами при температуре теплоносителя 95 °С. Электрическое или газовое с температурой на теплоотдающей поверхности 95 °С
Больницы и стационары (кроме психиатрических и наркологических)	Водяное с радиаторами и панелями при температуре теплоносителя 85 °С. Водяное с встроенными в перекрытия и пол нагревательными элементами
Лечебно-профилактические заведения (кроме стационаров). Больницы психиатрические и наркологические	Водяное с радиаторами и панелями при температуре теплоносителя 95 °С. Водяное с вмонтированными в перекрытия и пол нагревательными элементами и стояками. Электрическое с температурой на теплоотдающей поверхности 95 °С
Спортивные сооружения	Воздушное. Водяное с радиаторами, конвекторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя 150 °С. Водяное с вмонтированными в перекрытия и пол нагревательными элементами. Электрическое или газовое с температурой на теплоотдающей поверхности 150 °С
Бани, прачечные и душевые павильоны	Водяное с радиаторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя: 95 °С—для бань и душевых павильонов, 150 °С — для прачечных. Воздушное. Водяное с вмонтированными в перекрытия и пол нагревательными элементами
Культурно-зрелищные и рестораны	Водяное с радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя 115 °С. Воздушное. Электрическое с температурой на теплоотдающей поверхности 115 °С

Примечание. В индивидуальных жилых домах, а также одноэтажных общественных помещениях, расположенных в сельской местности, разрешено оборудовать печное отопление.

полняет функцию вентиляционного приточного воздуха. Такую систему отопления часто объединяют с системой кондиционирования. Во время выбора систем отопления разных зданий нужно исходить из рекомендаций, приведенных в табл. 121.

Основным условием передачи тепла (теплообмена), как известно, является разница температур отдельных элементов среды, принимающих участие в теплообмене. При этом может наблюдаться: а) переход тепла от поверхности, имеющей сверхвысокую температуру, к поверхности менее нагретой (теплопроводность, кондукция); б) излучение тепловых лучей нагретой поверхностью (радиация); в) передача тепла движением (перемещением) нагретого воздуха (конвекция).

По способу теплоотдачи различают конвективные и радиационные (лучистые) нагревательные приборы, а отсюда — и системы отопления. Однако в чистом виде отдельные типы системы отопления практически не встречаются.

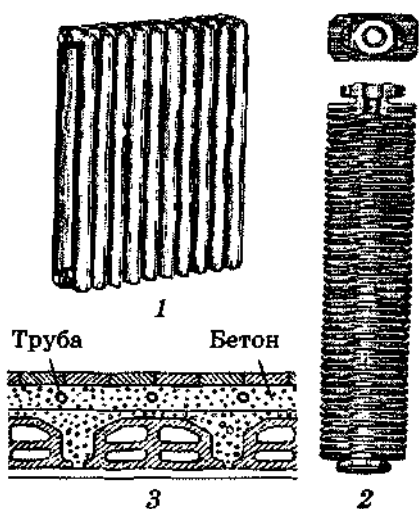


Рис. 116. Отопительные приборы (схема):

/ — радиатор; 2 — конвектор; 3 — отопительная панель

В каждом из них преобладает определенный способ теплоотдачи. В конвективной системе доминирует (70—80%) конвективное, т. е. переданное посредством конвекции, тепло, и, наоборот, при радиационном — лучистое.

Примерами нагревательных приборов конвективного типа служат радиатор и конвектор, которые применяют для водяного и парового отопления (рис. 116). Поскольку нагревательные приборы размещают внутри отапливаемых помещений, к их конструкции предъявляют ряд архитектурных, эстетических и санитарно-гигиенических требований. Внешний вид этих приборов должен гармонизировать с интерьером помещения, должна быть обеспечена видимость всего прибора и пространства за ним. Конструкция и отделка нагревательного прибора не должны усложнять их очистку и дезинфекции. Кроме того, они должны

иметь достаточную нагревательную поверхность, чтобы обеспечить нормированную температуру в помещении.

При центральном отоплении площадь поверхности нагревательных приборов рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{Q}{K \left(\frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_{пом} \right)},$$

где Q — общие теплотери помещения (Вт); K — теплоотдача теплоносителя в разных типах отопительных приборов (Вт/м · град; по справочнику); $t_{вх}$ — температура теплоносителя при входе в радиатор; $t_{вых}$ — то же самое на выходе из радиатора; $t_{пом}$ — температура воздуха в помещении.

Для определения теплотерии помещения (Q) используют следующую формулу:

$$Q = \frac{A}{R_0} (t_{вн} - t_{нар}) (1 + \sum \beta) n,$$

где A — площадь ограждающих конструкций (м²); RQ — сопротивление теплопередачи конструкций (м²град/Вт; определяют соответственно СНиП П-3-79**); $t_{вн}$ — расчетная температура воздуха в помещении (°С); $t_{нар}$ — расчетная температура наружного воздуха для наиболее холодной пятидневки года (СНиП 2.04.05-91); β — дополнительные затраты тепла (в долях от основных затрат). Для наружных стен, дверей и окон, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад, принимают в размере 0,1, на юго-восток и запад — в разме-

ре 0,05; μ — коэффициент, учитывающий состояние наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху. Для наружных стен и пола, чердачных перекрытий он равен 1, для других ограждающих конструкций соответственно СНиП II-3-79** — 0,4—0,9.

При лучистом отоплении нагревательным прибором является панель — плоская нагретая поверхность большого размера или стеновой радиатор особой конструкции.

С гигиенической точки зрения лучистое тепло благоприятнее действует на организм человека. При системе отопления, в которой преобладает теплоотдача излучением, в помещениях уменьшается отрицательная радиация от наружных ограждений, что дает возможность обеспечить комфортные условия при более низкой температуре воздуха. Кроме того, нагревательные приборы при лучистом отоплении имеют относительно умеренную температуру на поверхности (25—50 °C), что крайне важно для предупреждения теплового дискомфорта, связанного с повышенной температурой окружающих ограждений.

Ввиду энергетического кризиса и необходимости рационального использования энергоресурсов все чаще используются локальные котельные для отдельных домов. Чаще всего мини-котельные располагают на техническом этаже или на крыше. Они предназначены для обеспечения жителей горячей водой и функционирования системы водяного отопления. С гигиенической точки зрения, эти элементы современных домов следует рассматривать как локальный источник загрязнения воздуха продуктами неполного сгорания топлива. Преимущественно используют природный газ. При расчете рассеивания продуктов сгорания от кровельных мини-котельных необходимо знать уровень углерода оксида и азота оксидов. При расположении в жилом доме таких объектов следует учитывать также возможность загрязнения выбросами котельной помещений соседних домов, особенно, если они имеют разную высоту.

Мини-котельные являются также локальными источниками шума и вибрации. Поэтому желательно, чтобы мини-котельни имели помещение, отделенное от жилого техническим этажом. Практика размещения котельных на крыше последнего этажа без обеспечения звуко- и виброизоляции вызывает отрицательные последствия. Указанные факторы беспокоят жителей смежных квартир даже в том случае, если уровни шума и вибрации не выходят за пределы гигиенических нормативов.

Вентиляция жилых и общественных зданий. Правильно организованный воздухообмен в домах является одним из главных условий борьбы с загрязнением воздуха помещений. В профилактике воздушно-капельных инфекций воздухообмен является более действенным способом, чем применение физических и химических средств дезинфекции воздуха. Исключительно велико значение активного обмена воздуха в сохранении зданий и предупреждении сырости. Воздухообмен, т. е. замена загрязненного воздуха чистым наружным, осуществляется с помощью различных систем и приборов.

По способу подачи воздуха в помещение различают естественные и искусственные системы вентиляции. К естественным относятся: а) инфильтрация; б) аэрация; в) проветривание.

При естественных системах вентиляции перемещение воздуха происходит за счет таких движущих сил, как разница температуры воздуха ("тепловой" напор, или разница давлений), а также действия силы ветра (ветровое давление).

В результате изучения ветрового давления установлено, что потоки воздуха, ударяясь о фасад здания, частично проходят сквозь него. Большая часть воздуха огибает здание, создавая с противоположной стороны своеобразный вакуум. Эта разница давления и является движущей силой, обеспечивающей доступ атмосферного воздуха в помещение.

Инфильтрация — это естественный неорганизованный воздухообмен, обусловленный разницей температур внутреннего и наружного воздуха, а также силой ветра. Ветер с наветренной стороны дома создает дополнительное давление, т. е. вдавливает воздух в помещение, а с подветренной — за счет разрежения воздуха отсасывается из помещения сквозь поры строительных материала-

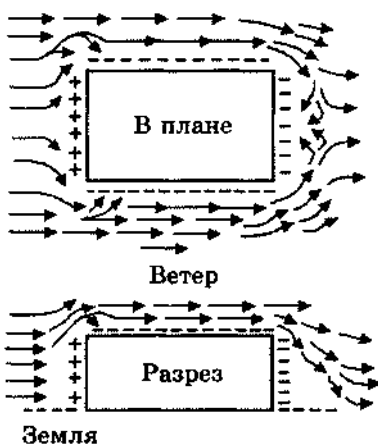


Рис. 117. Влияние ветра на отдельно расположенное здание

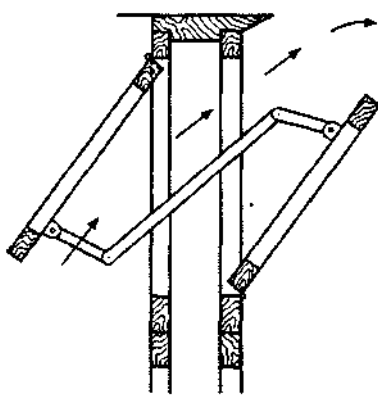


Рис. 118. Фрамуга (схема)

лов наружных стен, неплотности и мелкие щели в них (рис. 117). Интенсивность инфильтрации зависит от вида строительных материалов стены. Дерево, кирпич хорошо пропускают воздух. Бетонные, окрашенные масляной краской, покрытые цементной штукатуркой стены значительно уменьшают проникновение воздуха.

Проветривание — это естественный полурганизованный обмен воздуха, осуществляемый через окна (форточки и фрамуги) и двери. Недостатком форточек является потребность в длительном проветривании и образование потока холодного воздуха.

Более совершенным приспособлением является фрамуга (рис. 118), которая открывается внутрь под углом $30-45^\circ$ к поверхности окна и располагается в его верхней части.

В этом случае холодный наружный воздух, поступающий сквозь нее, поднимается вверх и смешивается с теплым воздухом помещения. Это уменьшает возможность охлаждения людей и позволяет длительное время держать фрамугу открытой. Наилучший эффект проветривания достигается в том случае, если комнаты одной квартиры расположены с противоположных сторон дома (сквозное, или прямое проветривание). При этом возникают потоки воздуха значительной интенсивности, воздух перемещается быстро и полностью заменяется наружным. Кратность обмена воздуха достигает $25-100$ раз в час. Менее эф-

фективно угловое проветривание, когда открывают окна, расположенные в смежных стенах.

Площадь форточки должна составлять $1/6$, фрамуги — до $1/3$ площади окна.

Аэрация — это организованный естественный воздухообмен, при котором воздух подается через специальные подоконные аэрационные каналы возле батарей центрального отопления. Воздух, проходя под батареями, нагревается и поступает в комнаты. При этом надлежит увеличить площадь поверхности нагревательных приборов на 25—35%.

Усилить естественную вентиляцию можно также, оборудовав специальные вытяжные каналы (*естественная канальная*) во внутренних стенах, заканчивающиеся на крыше дома дефлекторами, которые усиливают вытяжку воздуха за счет силы ветра. Подогретый комнатный воздух будет выходить через эти каналы наружу, что позволит наружному воздуху свободно заходить внутрь комнаты. Вытяжные отверстия располагают в верхней части стены в кухне, в ванной комнате и туалете. Системы канальной вытяжной вентиляции не *всегда* обеспечивают удаление воздуха из *квартиры*. *Нередко возникает такое* неблагоприятное явление, как "опрокидывание тяги". В этом случае через вентиляционные каналы в помещения поступают посторонние запахи и пыль, что создает опасность распространения загрязнений и инфекций из одной квартиры в другие. Для улучшения воздухообмена в помещениях можно использовать электрические вентиляторы в вытяжном канале.

К их оборудованию предъявляются следующие требования. Выше отмечалось, что вследствие теплового давления воздуха тепло из жилых комнат обычно поднимается вверх по вытяжному каналу. Но бывают случаи опрокидывания тяги, когда воздух из вытяжного канала может попадать в помещения. Поэтому основное гигиеническое требование — объединять вентиляционные каналы из разных квартир в один общий вентиляционный канал недопустимо, так как при этом воздух из загрязненных квартир может попасть в другие квартиры (рис. 119).

Относительно этого в строительных нормах имеются четкие указания. Вытяжные каналы для каждой квартиры должны быть индивидуальными. Обычно вытяжную естественную вентиляцию квартир осуществляют через вытяжные каналы кухонь, прихожих, ванных комнат или объединенных санитарных узлов. В четырехкомнатных квартирах и больше без прямого сквозного проветривания должна быть предусмотрена вытяжная вентиляция непосредственно из жилых комнат.

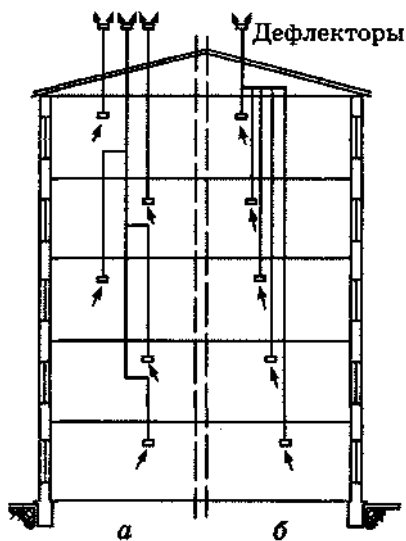


Рис. 119. Схема оборудования вентиляции многоэтажных домов с вертикальным (а) и горизонтальным (б) каналами

При оборудовании вентиляции квартир допускается:

а) объединение вентиляционных каналов из санитарного узла без унитаза с вентиляционным каналом кухни той же квартиры;

б) объединение вентиляционных каналов из прихожей и ванной или душевой той же квартиры;

в) в зданиях высотой свыше 5 этажей разрешено объединять вентиляционные каналы из кухонь и санитарных узлов, расположенных на разных этажах, в сборный канал, но не ближе чем через этаж. С верхних трех этажей объединять вентиляционные каналы квартир в сборный канал не разрешается.

Для обеспечения постоянной вытяжки из квартир, расположенных на верхних этажах жилых домов, предлагают оборудовать индивидуальные вытяжные вентиляторы.

Присоединять газовые водонагреватели к вентиляционным каналам кухонь запрещается. Вытяжка от газонагревателей и других газовых приборов должна осуществляться через специальные дымоходы.

Для усиления вентиляции оборудуют специальные приспособления, усиливающие вытяжку или подачу воздуха, чем обеспечивается надежная кратность воздухообмена. Такая система вентиляции со специальными побудителями называется *искусственной вентиляцией*. Она может быть приточной, вытяжной, приточно-вытяжной. При приточной вентиляции свежий воздух в помещения подает механический вентилятор, а загрязненный удаляется естественным путем. Такую вентиляцию оборудуют очень редко.

При вытяжной вентиляции загрязненный воздух из помещения забирает вентилятор, а свежий поступает естественным путем. Такую вентиляцию рекомендуют оборудовать в том случае, если помещение загрязняется вредными газами, пылью или водяным паром. Зимой такие помещения с интенсивной вытяжкой переохлаждаются. Этого недостатка не имеет приточно-вытяжная вентиляция. Вентилятором засасывается атмосферный воздух, очищается, подогревается, а затем подается в верхнюю зону. Через другие вентиляционные каналы, расположенные в нижней зоне, загрязненный воздух забирает другой вентилятор и выбрасывает наружу. Приточно-вытяжную вентиляцию оборудуют в больницах, школах, кинотеатрах и других общественных учреждениях.

В тех помещениях, из которых воздух не должен попадать в соседние (например, кухни, туалеты, помещения для грязного белья в больницах и др.), вытяжка должна преобладать над притоком. В тех помещениях, где чистота воздуха имеет исключительное значение (например, операционные), приток должен преобладать над вытяжкой, так как при этом условии в них не будет проникать воздух из соседних помещений.

В зависимости от способа организации воздухообмена различают местную и общеобменную искусственную вентиляцию.

Общеобменная — это такая искусственная вентиляция, которая обеспечивает обмен воздуха во всем вентилируемом помещении.

Местная — это вентиляционные приспособления, обеспечивающие забор воздуха на участке его загрязнения или подачу чистого воздуха в месте пребывания

ния людей, т. е. в их рабочие зоны. Примером может быть в определенной мере вытяжной шкаф учебной лаборатории.

Аварийная вентиляция — это вентиляция, обеспечивающая обмен воздуха при авариях, когда периодически поступают вредные вещества в значительных количествах. Примером такой вентиляции может быть вентиляция в хлораторных на водопроводах.

Смешанная вентиляция — это вентиляция, при которой комбинируют общеобменную с местной, общеобменную с аварийной и т. п.

Самой совершенной системой искусственной вентиляции является *кондиционирование* воздуха (от слова *conditio* — условие, качество). Термин "кондиционирование воздуха" был введен французом Жаном Фридериком де Чабансом в 1815 г. Использование кондиционирования воздуха для помещений получило распространение в начале XX в.

Это такой вид вентиляции, который не только обеспечивает постоянную замену воздуха, но и автоматически поддерживает постоянными такие параметры, как температура, влажность, скорость движения воздуха, его ионизация. Поэтому системы кондиционирования воздуха иногда называют установками искусственного климата. Принципиальная схема кондиционирования воздуха приведена на рис. 120.

Место забора воздуха должно быть расположено вдали от транспортных путей на высоте не менее 2 м от поверхности почвы с наветренной стороны относительно источника атмосферных загрязнений. Воздуховоды от места забора воздуха к месту его обработки должны быть максимально короткими. Воздух, подаваемый в помещение, проходит через пылеосадочную камеру, тканевые фильтры, иногда подлежит промывке с помощью разбрызгивающих установок и после этого подогревается, проходя над отопительными приборами. Летом он, наоборот, охлаждается. Иногда системой кондиционирования предусмотрены другие виды обработки воздуха. Далее очищенный и подогретый (охлажденный) воздух по приточным каналам подается в помещение.

Различают полное кондиционирование, когда обеспечивают такую обработку воздуха, которая гарантирует постоянство таких параметров, как чистота, температура, влажность и подвижность воздуха, ионизация.

Неполное кондиционирование — это такая обработка воздуха, которая обеспечивает поддержку постоянства лишь некоторых параметров.

Кондиционирование широко используют для помещений с продолжительным пребыванием большого количества людей (спортивные залы, театры, кинотеатры, аудитории, больницы и т. п.), а также в жилых домах, расположенных в жаркой климатической зоне.

Рис. 120. Кондиционирование воздуха (схема):

1 — приточное отверстие; 2 — тканевой фильтр для очистки воздуха от пыли; 3 — калориферы; 4 — камера орошения; 5 — вентилятор; 6 — воздуховоды

Кондиционирование может быть местным и центральным. Приборы, обеспечивающие кондиционирование воздуха, называются кондиционерами. Центральные системы кондиционирования предназначены для обслуживания целого дома или группы помещений (например, операционный блок). Они имеют высокую мощность (от 30 до 500 000 м³ воздуха в 1 ч). Местные системы обеспечивают надлежащие параметры воздуха в одном сравнительно небольшом помещении.

В некоторых системах кондиционирования используют открытые способы увлажнения воздуха с помощью приспособлений для разбрызгивания воды. Существуют также бытовые приборы (увлажнители и ионизаторы воздуха). Такие системы при определенных обстоятельствах могут вызвать болезнь легионеров среди жителей. Механизм заражения людей следующий. Капельки воды, содержащие микробы, в воздушном потоке испаряются и превращаются в мелкодисперсный летучий аэрозоль, который воздушными потоками доставляется в зону дыхания человека воздуховодами системы кондиционирования. Исследования показали, что даже вода, по микробному загрязнению отвечающая требованиям ГОСТа 2874-82 "Вода питьевая...", после выдержки в термостате дает интенсивный рост микроорганизмов. Последние, попав в пищеварительный тракт, не вызывают заболеваний, а при поступлении в дыхательные пути — могут привести к развитию болезни легионеров с высоким уровнем смертности.

Следовательно, во время санитарного надзора за системами кондиционирования воздуха помещений необходимо обращать внимание на способы его увлажнения и предупреждать размножение микроорганизмов в воде и распространение их воздуховодами. Поэтому важно применять химические и физические методы дезинфекции воды, воздуха и поверхностей воздуховодов.

Выбор системы вентиляции зависит от назначения дома, его объема, характера вредных факторов.

Основные гигиенические требования к вентиляционным приборам, в том числе установкам кондиционирования воздуха, следующие. Эти установки должны: обеспечивать и поддерживать вместе с системами отопления комфортные температуру и влажность; осуществлять по возможности полную циркуляцию воздуха в самом помещении, не допуская повышения скорости движения воздуха; предотвращать накопление посторонних запахов и различных газо- и парообразных примесей в воздухе; бесперебойно функционировать в течение года; иметь малые габариты, быть бесшумными, простыми в обслуживании, безопасными.

Эффективность вентиляции зависит от организации воздухообмена в помещениях: правильной организации подачи и удаления воздуха с учетом особенностей назначения помещения. В практике строительства применяют следующие схемы воздухообмена:

а) "снизу вверх" — в помещениях, где совместно выделяются тепло и газы или тепло и пыль. Приточный воздух подается в нижнюю зону, а удаляется из верхней;

б) "сверху вниз" — в помещениях, где выделяются пар летучих жидкостей (спирт, ацетон, толуол и др.), пыль, а также одновременно пыль и газ. Приточный воздух подается отдельно в верхнюю зону, а удаляется местной вытяжкой из зоны дыхания (рис. 121);

в) "сверху вверх" — главным образом, для вентиляции жилых и общественных зданий (для борьбы с излишком тепла), а также в помещениях, где одновременно выделяются тепло и влага или только влага. По этой схеме приточный воздух подается сосредоточенно в верхнюю зону, перемешивается по всей высоте помещения и удаляется из верхней зоны;

г) "снизу вверх и вниз" — схема с однозональным притоком и двухзональной вытяжкой. Приточный воздух подается в зону, которая ниже рабочей, или в рабочую зону, а вытяжка осуществляется в верхней и нижней зонах. Такую схему применяют в помещениях, где выделяются вредные вещества, содержащие несколько взрывоопасных компонентов с разной относительной плотностью, вследствие чего недопустимо их накопление в верхней зоне, а также в помещениях, где выделяются газы тяжелее воздуха при отсутствии излишка тепла. По этой схеме, например, вентилируют рентгеновские кабинеты, аккумуляторные, комнаты для курения, санитарные узлы зрелищных учреждений и др. (рис. 122);

д) "сверху и снизу вверх" — схема с двухзональным притоком и однозональной вытяжкой. Приточный воздух подается в зону дыхания и в верхнюю зону помещения, а удаляется из верхней.

Существует главное правило: удалять воздух вытяжными установками следует непосредственно от мест выделения вредных веществ или из зон, где воздух самый загрязненный.

Вентиляция жилых домов квартирного типа осуществляется посредством вытяжных каналов кухонь, санитарных узлов. Санитарным законодательством не разрешается горизонтальное объединение вытяжных каналов из ванной или душевой (без унитаза) с вентиляционным каналом кухни.

Не рекомендуется оборудовать объединенные вытяжные каналы для нескольких помещений, расположенных одно над другим, так как могут проникать загрязнения и запахи. Вытяжные каналы можно группировать в сборные коллекторы, которые выводятся к вытяжным шахтам, расположенным на крыше.

Оценка эффективности вентиляции может быть сделана на основании: а) санитарного обследования; б) расчета необходимого и фактического объема вентиляции и кратности; в) лабораторного исследования воздушной среды и микроклимата.

Рис. 121. Схемы воздухообмена в помещениях:

/ — "снизу вверх"; 2 — "сверху вниз". Стрелками показано направление движения воздуха

Рис. 122. Воздухообмен в помещении с двухзональной вытяжкой или притоком (схема):

/ — двухзональная подача воздуха; 2 — двухзональная вытяжка. Стрелками показано направление движения воздуха

Число, указывающее, сколько раз в течение 1 ч воздух помещения заменяется наружным, называется *кратностью вентиляции*. Знаком (+) обозначают кратность воздухообмена по притоку, знаком (-) — по вытяжке. Таким образом, если условия вентиляции какого-либо помещения (например, в операционной), характеризуются: +10, -8, то это значит, что в помещение подается за 1 ч десятикратный, а удаляется восьмикратный объем воздуха относительно объема помещения.

При кратности воздухообмена до 0,5 в 1 ч человек ощущает жару в жилом помещении. Соответственно требованиям нормативов, кратность воздухообмена должна составлять в жилых комнатах — 0,5—1,0, в кухнях — быть трехкратной.

Интенсивность воздухообмена определяется также по *объему вентиляции*, т. е. по количеству воздуха (в м³), который подается или необходимо подать в помещение на 1 человека или санитарно-технический прибор в 1 ч. Существует фактический объем вентиляции и расчетный, или необходимый. *Фактический объем вентиляции* — это тот объем наружного воздуха (в м³), который подается в помещение в течение 1 ч и выражается в м³/ч на 1 человека или то или иное санитарно-техническое оборудование.

Под *необходимым объемом вентиляции* следует понимать тот объем свежего воздуха, который необходимо подать в помещение за 1 ч на 1 человека, чтобы концентрация CO₂, взятая в качестве основного показателя для оценки степени загрязнения воздуха, не превышала ПДК или гигиенического норматива. Для жилых помещений необходимый объем вентиляции может быть рассчитан по разным показателям (например, запах, окисляемость, бактериальное загрязнение и др.). Доказано, что вполне достаточно определить в помещении концентрацию CO₂, чтобы рассчитать необходимый объем вентиляции. CO₂ является непрямым показателем чистоты воздуха в закрытых помещениях, так как параллельно с ним изменяются и другие показатели качества воздуха. Кроме того, это надежный показатель, его легко определить.

М. Петтенкофер предложил считать воздух помещений чистым, если содержание CO₂ в нем не превышает 0,07%, или 0,7 дм³/м³, Флюгге — 0,1%, или 1 дм³/м³. Исходя из этого, необходимый объем вентиляции по М. Петтенкоферу составляет 72 м³ свежего воздуха на 1 человека в 1 ч; по Флюгге — соответственно 36 м³.

На практике объем вентиляции вычисляют по формуле:

$$V = \frac{k \cdot n}{p - q},$$

где k — объем CO₂, выделяемый в 1 ч 1 человеком (21,6 л); n — количество людей в помещении; p — ПДК CO₂ (‰), что по М. Петтенкоферу составляет 0,7, по Флюгге — 1; q — концентрация CO₂ в атмосферном воздухе (0,4 ‰).

Какой же объем вентиляции является необходимым для жилых помещений? В учебниках приведен норматив, обоснованный Флюгге. Это неправильно, поскольку эти же ученые отмечают, что надлежащий воздушный куб в жилых помещениях должен составлять 30—35 м³.

Что же такое *воздушный куб*? Следует отличать надлежащий и фактический воздушный куб. *Фактический воздушный куб* — это тот объем пространства помещения, который приходится на 1 человека. *Необходимый воздушный куб* — это тот необходимый объем помещения для 1 человека с рациональной вентиляцией, при котором концентрация CO_2 не превышала бы допустимых величин.

Необходимый воздушный куб был рассчитан М. Петтенкофером, исходя из необходимого объема вентиляции. М. Петтенкофер рассуждал так, что за счет явлений инфильтрации воздух в помещении заменяется 2 раза. То есть, если необходимый объем вентиляции разделить на кратность воздухообмена, то получается необходимый воздушный куб: $72 : 2 = 36 \text{ м}^3$. Это и есть тот необходимый воздушный куб, который считается нормой в нашей стране. М. Петтенкофер также обосновал необходимую жилую площадь: 36 м^3 — это необходимый воздушный куб на 1 человека. При высоте комнаты, которая, как считал Петтенкофер, должна составлять 4 м, жилая площадь ($36 : 4$) будет равна 9 м^2 . Если согласиться с точкой зрения Флюгге, площадь должна быть $18 : 4 = 4,5 \text{ м}^2$.

Минимальная высота жилых помещений, принятая санитарным законодательством в Украине, составляет 2,5 м. Поэтому и необходимая площадь на 1 человека должна составлять 13–14,4 м^2 . Минимальная высота общественных помещений — 3 м, поэтому необходимая площадь для общественных помещений составляет $18 : 3 = 6 \text{ м}^2$. Этот норматив и принят для общежитий.

Приведенные нормативы необходимого объема вентиляции рассматривают как минимальные для жилых и общественных помещений. Дифференцированные нормативы вентиляции и кратности приведены в табл. 122.

Фактический объем вентиляции определяют по формуле:

$$V_{\text{факт}} = a \cdot s \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{ч};$$

где a — скорость движения воздуха в вентиляционном канале (м/с); s — площадь вентиляционного канала (м^2); 3600 — перерасчет на 1 ч.

ТАБЛИЦА 122

Необходимый объем вентиляции в жилых
и общественных помещениях, $\text{м}^3/\text{ч}$

Помещение	Необходимый объем вентиляции
Жилая комната в квартире или общежитии	3 м^3 на 1 м^2 площади комнаты
Кухня квартиры и общежития с электроплитами	Не менее 60
Кухня квартиры и общежития с газовыми плитами:	
на 2 конфорки	Не менее 60
на 3 конфорки	Не менее 75
на 4 конфорки	Не менее 90
Ванная комната	Не менее 25
Уборная индивидуальная	Не менее 25
Соединенный санитарный узел	Не менее 50
Лекционные аудитории, лаборатории (без выделения вредных химических веществ)	Не менее 20
Залы для зрителей в театрах, кинотеатрах, клубах	Не менее 20
Спортивные залы	Не менее 80 м^3 в 1 ч на одного спортсмена и не менее 20 м^3 в 1 ч — на зрителя

Особенности планировки, благоустройства и оборудования лечебно-профилактических учреждений

Термином "лечебно-профилактические учреждения" обозначают большую группу медицинских заведений, где оказывают квалифицированную и специализированную медицинскую помощь населению. В этом разделе рассмотрим больницу как учреждение для стационарного лечения больных. По месту расположения и территории обслуживания различают участковые, районные, городские и областные больницы, по назначению — общего типа, где оказывают медицинскую помощь людям с неинфекционными болезнями, и специализированные. К специализированным относятся инфекционные, туберкулезные, кожно-венерологические больницы и диспансеры и др. По профилю выделяют хирургические, терапевтические стационары, родильные дома или отделения, детские больницы и др. Объединяет их ряд гигиенических вопросов и особенностей государственного санитарного надзора.

На этапах зарождения и развития медицины, от Гиппократов и до наших дней, неоднократно подчеркивалось, что эффективное лечение больного возможно только при условии строгого соблюдения гигиенических рекомендаций, которые должны быть органической частью рациональной схемы лечения.

Последние десятилетия характеризуются выдающимися достижениями медицинской науки (развитие генной инженерии, биотехнологии, создание и внедрение высокоэффективных антибиотиков, ангиопротекторов, психофармакологических и других средств, трансплантация органов, гемодиализ, гемо- и энтеросорбция, использование рентгеновского, лазерного и других видов облучения, новых методов лечения). Но все методы лечения в некоторой мере способствовали ослаблению внимания медицинского персонала к соблюдению санитарно-гигиенических и противоэпидемических требований в лечебно-профилактических учреждениях, особенно стационарах. Это привело к повышению уровня и усложнению структуры внутрибольничных инфекций, стало возможным заражение в больнице такими болезнями, как вирусный гепатит В, СПИД и др.

Практика показывает, что между возможностью и эффективностью использования новейших методов, способов лечения и санитарно-эпидемиологическим режимом стационаров есть прямая зависимость.

Значение гигиены больницы

Больница — это главное лечебно-профилактическое учреждение службы здравоохранения. Она выполняет следующие функции: диагностику, лечение, реабилитацию, профилактику, санитарное просвещение, подготовку врачей и среднего медицинского персонала. Для больных — это временное жилье со столовой, баней и прачечной.

Образно говоря, это жилой дом, в котором определенный контингент населения, в первую очередь больные, т. е. люди с ограниченными функциями

систем и органов, добровольно или вынужденно находятся тот или иной период (преимущественно в течение 2—4 нед, а иногда до 6 мес и более, как, например, в туберкулезном диспансере), т. е. лечатся. Больной заметно отличается от здорового человека. Это обычно иммобильный человек, который требует постоянного наблюдения, у которого заторможены функции, нарушены окислительно-восстановительные процессы, выражены явления гипоксии. Наконец, больной — это человек, которому иногда требуется изоляция в целях предотвращения влияния на него факторов внешней среды и, наоборот, — для охраны окружающей среды и здоровых людей от инфицирования.

Кроме медицинской помощи, больному необходимы: заботливый уход, светлая, просторная, хорошо инсолированная и вентилируемая палата, удобная постель, тихая и спокойная обстановка, полноценное диетическое питание, регулярное мытье тела, рациональный режим дня, прогулки на свежем воздухе среди зеленых насаждений, условия, обеспечивающие здоровый сон.

Недаром известный русский терапевт В.А. Манассеин считал, что терапия — это прежде всего гигиена больного человека, что терапия бессильна, если для больного не созданы надлежащие гигиенические условия.

Допустим, госпитализировали в палату кардиологического отделения больного с диагнозом "инфаркт миокарда". Койка больного стоит возле батареи отопления, чем нарушены санитарно-гигиенические требования, и человек умирает от перегревания. Или другой пример. Госпитализировали больного в травматологическое отделение. В палате, где лежит пациент, открыто окно или форточка (с несоблюдением регламента проветривания) и у него развивается пневмония. Или с пылью через окно в палату попадает *Сl. tetanus* и у больного возникает столбняк. Поэтому к больнице предъявляют более жесткие требования по содержанию и эксплуатации, чем к жилым помещениям.

Больница одновременно является и общественным зданием. Тут происходит профессиональная деятельность врачей, среднего и младшего медицинского персонала; ведется большая санитарно-просветительная работа; обучаются студенты медицинских учебных заведений; выполняются научные исследования по оценке и внедрению новейших методов лечения больных.

Больница в большей мере, чем другие коммунальные объекты, может быть опасной в плане распространения возбудителей инфекционных болезней, особенно если идет речь об инфекционных клиниках, туберкулезных и кожно-венерологических диспансерах, а также внутрибольничных инфекциях. Это требует решения чрезвычайно сложных проблем канализования больницы, очистки и обеззараживания сточных вод, решения вопросов очистки от твердых бытовых и, особенно, специфических отходов, которые образуются в операционных, родильных залах, перевязочных и манипуляционных.

Больница — многопрофильный объект, в условиях которого врачу-гигиенисту приходится решать комплексно вопросы коммунальной, социальной гигиены, гигиены питания и труда, эпидемиологии.

В больнице работают средний медицинский персонал и врачи, на их здоровье могут отрицательно влиять разные факторы.

Из гигиенического значения больницы и вытекают *гигиенические требования* к ней. Больница должна отвечать следующим требованиям:

- 1) обеспечить оптимальные жилищно-бытовые условия для больного в зависимости от характера заболевания. Это и достаточная площадь, и оптимальные параметры микроклимата, и эффективная вентиляция, достаточная инсоляция, надлежащие уровни естественного и искусственного освещения и др.;
- 2) обеспечить комплекс лечебно-профилактических мероприятий и способствовать соблюдению лечебно-охранительного режима;
- 3) обеспечить предотвращение возникновения и распространения внутрибольничных инфекций и заболеваний во время нахождения больного в стационаре или при посещении поликлиники;
- 4) стать школой гигиенического воспитания и формирования навыков. Больные особо восприимчивы к гигиеническому воспитанию, пропаганде здорового образа жизни;
- 5) обеспечить принцип научной организации труда и соблюдения гигиенических условий труда для медицинского персонала;
- 6) стать школой медицинских кадров. Для этого на базе больницы должны быть созданы соответствующие условия (раздевалки для студентов и преподавателей, учебные комнаты, лекционные аудитории, лаборатории и др.);
- 7) больница не должна быть источником загрязнения окружающей среды;
- 8) отвечать современным требованиям градостроительства и общим архитектурным принципам города или микрорайона.

Исходя из вышеизложенного, современные гигиенические аспекты рассматриваемой проблемы можно сгруппировать таким образом:

1. Расположение больницы в наилучших для населенного пункта природных и экологически безопасных условиях, предусматривающих защиту больного от шума, вибрации, электромагнитных излучений, атмосферных загрязнений, создание благоприятного микроклимата, обеспечение оптимальной инсоляции и др.
2. Научная разработка и внедрение мероприятий по профилактике внутрибольничных инфекций.
3. Охрана окружающей среды от загрязнений, образующихся на территории больниц (сточных вод, твердых бытовых и специфических отходов, инфицированного воздуха, шума), и психологического дискомфорта.
4. Санитарно-техническое обеспечение больницы (водоснабжение, канализование, отопление, вентиляция, освещение).
5. Гигиена труда медицинского персонала (создание безопасных условий труда, соблюдение режима труда и отдыха, правил личной гигиены). Вопрос очень актуальный. В США, например, имеется программа охраны здоровья персонала больниц, которой предусмотрено: наблюдение за возможными случаями заражения сотрудников; контроль над туберкулезной инфекцией при помощи кожных проб; иммунизация сотрудников, входящих в группу повышенного риска, вакцинами против гепатита В, кори, эпидемического паротита и краснухи, гриппа, дифтерии и столбняка; обучение медицинского персонала в целях уменьшения количества травм на рабочих местах, предотвращения инфекционных заболеваний, несчастных случаев и др.

Если внимательно проанализировать каждый из указанных гигиенических аспектов, можно сделать вывод, что все они имеют большое значение для создания оптимального лечебно-охранительного режима в больницах и профилактики внутрибольничной инфекции.

Внутрибольничные инфекции и мероприятия по их профилактике

Что следует понимать под внутрибольничной *инфекцией*? Термин "*инфекция*" происходит от лат. "inficio", "infectum" и означает вторжение в макроорганизм и размножение микроорганизмов с дальнейшим развитием разных форм их взаимодействия от носительства возбудителей к выраженной болезни. Следует отметить, что состояние носительства не сопровождается клинической манифестацией, т. е. симптомы заболевания у человека отсутствуют.

До недавнего времени не существовало общепринятого определения понятия внутрибольничных инфекций (ВБИ). Так, академик В.Д. Беляков (1976) дает такое определение ВБИ: "Инфекционное состояние, полученное больным в лечебных учреждениях".

В приказе МЗ бывшего СССР за № 720 от 31.07.1978 г. ["Инструкция по организации и проведению санитарно-гигиенических мероприятий по профилактике внутрибольничных инфекций в лечебно-профилактических учреждениях (отделениях хирургического профиля, в палатах и отделениях реанимации и интенсивной терапии)"] также отмечено, что ВБИ — это инфекционные заболевания, приобретенные больными в лечебных учреждениях.

Профессор кафедры эпидемиологии Московского института усовершенствования врачей И.П. Ковалева (1982) дает такое определение ВБИ: "Это заболевания, возникающие вследствие заражения в лечебном учреждении независимо от того, проявятся они во время пребывания больного в больнице или уже после его выписки".

Следовательно, можно сделать выводы, что заболевших объединяют условия и конкретное место заражения (лечебное учреждение).

В медицинской научной литературе распространен термин "госпитальная инфекция". Иногда можно встретить такие термины, как "госпитализм", "внутригоспитальная инфекция", "больничная инфекция", "нозокомиальная инфекция". В последнее время появился термин "инфекция лучевого поражения". Во всех случаях говорится об инфицировании человека в больничной среде, т. е. все это синонимы одного и того же понятия.

Комитет экспертов ВОЗ (1980) сформулировал следующее определение ВБИ:

Внутрибольничная инфекция — это любое клинически выраженное заболевание микробного происхождения, поражающее пациента вследствие его госпитализации или посещения лечебного учреждения в целях лечения, а также медицинский персонал вследствие выполнения им работы, независимо от того, имеются или не имеются проявления заболевания во время пребывания таких лиц в больнице.

В этом определении обращают внимание врачей на 4 важных момента:

- во-первых, это клинически выраженное заболевание микробного происхождения, т. е. клинически выраженное инфекционное заболевание;
- во-вторых, инфицирование больного происходит в конкретном месте (лечебно-профилактическом учреждении) или во время госпитализации или посещения амбулаторно-поликлинических учреждений в целях диагностики и лечения;
- в-третьих, инфицирование медицинского персонала может произойти в связи с его профессиональной деятельностью, т. е. во время оказания больным медицинской помощи;
- в-четвертых, симптомы инфекционного заболевания могут появиться как во время пребывания в больнице, так и за ее пределами, поскольку каждое инфекционное заболевание имеет инкубационный период. Это период от момента инфицирования, т. е. вторжения микроорганизма в организм человека, до появления первых клинических признаков (симптомов) болезни. При разных инфекциях он может колебаться от нескольких часов (пищевые токсикоинфекции, вызванные сальмонеллами или стафилококками) до нескольких суток (дизентерия, эшерихиозы, холера, грипп, корь и др.), даже недель (брюшной тиф, паратифы А и В, вирусный гепатит А, парентеральные вирусные гепатиты В, С, Е, дельта), месяцев и лет (СПИД).

Заведующий кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека НМУ, академик НАН и АМН Украины Е.И. Гончарук (2003) предложил следующее определение ВБИ.

Внутрибольничная инфекция — это инфекция, вызванная ассоциацией микроорганизмов, характерных только для конкретного лечебного учреждения, которая проявляется симптомами нагноения или септическими состояниями у больных, а также другие инфекции, возникшие в лечебном учреждении вследствие несоблюдения санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к содержанию помещений лечебного учреждения, его оборудования и оснащения, а также нарушение санитарно-гигиенического режима его эксплуатации.

Это определение не противоречит формулировке ВОЗ, но ставит несколько другие акценты.

Во-первых, подчеркивается, что на современном этапе ВБИ вызываются не одним отдельным возбудителем, а ассоциацией внутригоспитальных штаммов микроорганизмов. Формирование этих штаммов происходит в каждой отдельной больнице или даже отделении в направлении появления:

- более вирулентных и патогенных штаммов. Этому способствует циркуляция микроорганизмов среди больных, т. е. лиц со сниженной сопротивляемостью организма, угнетенным врожденным иммунитетом;
- полирезистентных штаммов к действию антибиотиков. К этому приводит нерациональное использование антибиотиков: игнорирование антибиотикограмм, необоснованное назначение антибиотиков широкого спектра действия, нарушение доз и сроков приема;

- более стойких в окружающей среде и к воздействию дезинфектантов. Этому способствуют следующие нарушения: режимов обеззараживания и дезинфекции, т. е. использование неправильно приготовленных дезинфекционных растворов; условий и сроков их хранения; метода или способа использования. Например, оториноларингологические инструменты из металла и стекла, используемые для осмотра больного, нужно погружать на 45 мин в "тройной раствор" (2% раствор формалина, 0,3% раствор фенола, 1,5% раствор двууглекислой соды), а их погружают лишь на 15 мин.

Следует подчеркнуть, что в современных лечебно-профилактических учреждениях при вышеперечисленных условиях происходит своеобразная селекция микроорганизмов, вследствие которой формируются внутригоспитальные штаммы. К тому же они характеризуются определенными селективными преимуществами и вытесняют те штаммы, с которыми больные поступили в больницу. Например, доказано, что в разных типах лечебных заведений доминируют 1—2 (реже 3—4 или 5) так называемых внутригоспитальных фаготипов стафилококков. Причем, по данным А.А. Поповой (1975), процент носительства стафилококков у беременных во время их госпитализации в родильный дом составил 31,8, через 4 сут после родов — 67, а на момент выписки со стационара — 81,2.

Доказано также, что в лечебных учреждениях формируются стойкие ассоциации внутригоспитальных штаммов микроорганизмов. Такие ассоциации специфичны для каждого лечебного заведения и даже отделения. В настоящее время нет ни одной больницы или отделения, где бы эти комбинации повторялись. По подсчетам Е.И. Гончарука, таких комбинаций может быть свыше 1 250 000.

Во-вторых, в определении отмечено, что в настоящее время наиболее распространенными формами ВБИ являются гнойно-септические. Они занимают первое место в структуре ВБИ. Их удельный вес достигает почти 85%, и лишь 15% приходится на традиционные инфекции (сальмонеллез, эшерихиоз, вирусный гепатит В, вирус СПИДа и др.). Причем большинство гнойно-септических осложнений (почти 92%) возникает у больных хирургического профиля, т. е. — в хирургических отделениях и стационарах. Второе место занимают родильные дома (около 8%).

В-третьих, возникновение и распространение ВБИ происходит только при условии нарушения санитарно-гигиенических требований относительно содержания, оборудования и эксплуатации помещений больницы, а также санитарно-гигиенического и противоэпидемического режимов в больнице.

Об актуальности проблемы профилактики ВБИ свидетельствует тот факт, что заболеваемость такими инфекциями уже в конце 70-х годов XX ст. приблизилась к уровню доантибиотиковой эры¹. Так, если в 1932—1940 гг. частота гнойных осложнений, связанных с хирургическими вмешательствами, составляла 16%, в 1942—1953 гг. она снизилась до 4,1%, то в последующие годы

Александр Флеминг открыл лизоцим в 1922 г., пенициллин — в 1929 г. (лауреат Нобелевской премии 1945 г.). З.В. Ермольева открыла пенициллин в 1942 г. (лауреат Государственной премии СССР 1943 г.).

(1954—1958) возросла до 9,4% (Barnes, 1959). В 1961 г., по данным Henderson, повысилась до 12,7%, а в 1975 г. — до 14%. В настоящее время количество таких осложнений достигло 20%.

В конце 80-х годов правительство бывшего СССР для профилактики ВБИ приняло решение перейти на применение одноразовых медицинских изделий (шприцы, иголки, трансфузионные системы). Но ожидаемого снижения уровня внутрибольничных инфекций это не дало. Мало того, сохранилась тенденция к его росту.

Существует мнение ученых, что современный уровень ВБИ является в некоторой степени барьерным, ниже которого заболеваемость ВБИ, вероятно, существенно не снизится.

По данным ВОЗ, 6—7% больных, обратившихся за медицинской помощью в лечебно-профилактические заведения, заболевают ВБИ. Особую опасность представляют такие заболевания, как вирусный гепатит В, СПИД. Ежегодно в мире вирусом гепатита В инфицируются свыше 50 млн человек. В некоторых странах эпидемия СПИДа приобретает масштабы пандемии (СМ. Савенко, 1998).

ВБИ осложняют течение послеоперационного периода, что увеличивает длительность пребывания больных в стационаре, по данным отечественных авторов, на 15—18 сут, по сообщениям зарубежных ученых, — на 5—7 сут. По данным М.Л. Лившица, Е.Б. Брусина (1992), ВБИ осложняют почти 30% хирургических вмешательств. Иногда сводятся на нет результаты сложных операций на сердце, магистральных сосудах, почках, легких и других жизненно важных органах, резко осложняется течение основного заболевания. Смертность после таких высокоспециализированных хирургических вмешательств составляет до 50% ежегодно.

По данным американских исследователей, за период 1980—1984 гг. показатель послеоперационных инфекций составлял 6,1 на 1000 выписанных больных. Ежегодно в США регистрируют 325 тыс. случаев инфицирования хирургических ран. Эти осложнения занимают второе место среди ВБИ, наиболее часто встречающихся в хирургических стационарах. Дополнительные затраты на лечение одного больного с послеоперационной раневой инфекцией колеблется от 400 до 2600 долларов, а в целом по стране составляют 130—845 млн долларов в год. Экономические убытки за счет ВБИ в США составляют 5—10 млрд долларов.

ВБИ осложняют также послеоперационный период, приводят к тяжелой патологии у новорожденных. В некоторых случаях могут обусловить инвалидность (например, при остеомиелите и т. п.), гибель пациента. В Германии, например, ежегодно из 800 тыс. больных умирают 25 тыс. ВБИ является причиной смерти каждого 12-го пациента, умершего в больнице. В бывшем СССР от этого осложнения ежегодно умирали не менее 150 тыс. (5,3% от общего количества умерших) больных. Какие же именно *причины* вызывают рост заболеваемости и распространения ВБИ?

Во-первых, это увеличение контингента лиц повышенного риска. Эксперты ВОЗ к наиболее чувствительным слоям населения относят лиц с пониженной вследствие тех или иных причин сопротивляемостью организма: а) людей

пожилого возраста; б) новорожденных, особенно с дефектами развития, недоношенных (с массой тела до 2500 г), с травмами во время родов; в) больных хроническими соматическими заболеваниями в стадии компенсации и субкомпенсации.

В настоящее время медицина спасает тех, кто еще до недавних пор считался обреченным. В родильных домах выхаживают недоношенных, родившихся с дефектами физического развития. В больницах спасают больных разного возраста, в том числе и людей пожилого возраста с нарушением деятельности жизненно важных органов. Благодаря расширению арсенала терапевтических средств и возможностей анестезиологии и реаниматологии ныне оперируют больных, которые до сих пор считались неоперабельными. Все чаще проводят сложные и даже сверхсложные операции на сердце, почках, магистральных сосудах. Возрастает количество хирургических вмешательств из-за различных катастроф и аварий.

По данным В.П. Венцела (1990), риск ВБИ у госпитализированных в возрасте 0—49 лет составляет почти 10 случаев на 1000 выписанных из стационара. С возрастом этот риск повышается и достигает максимума (100 на 1000 выписанных из стационара) у лиц, достигших 70-летнего возраста. Ежегодный показатель инфицирования у больных в возрасте до 60 лет составляет 0,43%, а после 60 лет — 0,63%. Среди ВБИ у больных пожилого возраста первое место занимают инфекции мочевыводящих путей.

Во-вторых, в последнее время у населения наблюдается угнетение естественного иммунитета и аллергияция организма. Это связано с действием неблагоприятных факторов окружения, прежде всего химического (загрязнение атмосферного воздуха, питьевой воды, продуктов питания пестицидами, нитратами, тяжелыми металлами, диоксинами и фуранами, полихлорированными бифенилами, другими органическими соединениями ароматического и алифатического рядов) и физического (ионизирующее излучение, неионизирующее излучение, шум, вибрация) происхождения. Именно эти нарушения обнаружили ученые (Е.И. Гончарук, Ю.И. Кундиев, В.Г. Бардов, Ю.В. Вороненко, А.Ю. Романенко, В.П. Бузунов, А.М. Сердюк и др., 1998) у населения Украины в целом и, в частности, в регионах, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Аллергияция организма также происходит вследствие широкого применения лекарственных препаратов, синтетических соединений. Кроме того, бессистемное применение антибиотиков нарушает веками сформированный природный биоценоз слизистых оболочек, кожи, что способствует распространению антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов.

В-третьих, происходит формирование и распространение внутрибольничных штаммов микроорганизмов (полирезистентных к действию антибиотиков, высоковирулентных, более стойких в окружающей среде к действию дезинфектантов), образуются их стойкие ассоциации.

Нужно подчеркнуть, что ВБИ обуславливают не просто грамотрицательные или грамположительные микроорганизмы, а особенные внутригоспитальные штаммы. Особенностью таких штаммов является то, что они: 1) отличаются от

штаммов, циркулирующих в окружающей среде за пределами лечебного учреждения; 2) более вирулентные относительно человека; 3) имеют высокую стойкость к неблагоприятным для них факторам внешней среды; 4) полирезистентные к антибиотикам. Так, из литературы (Edward, 1974) известно, что Pr. Rettgeri, который вызвал вспышку в госпитале ветеранов США, оказался стойким к 20 антибиотикам.

В-четвертых, в медицинскую практику внедрены чрезвычайно сложные лечебные и диагностические методы. Когда-то врач при установлении диагноза расспрашивал больного (anamnesis vitae, anamnesis morbi, жалобы), проводил осмотр, пальпацию, перкуссию, аускультацию. Этим почти и ограничивались его возможности. В настоящее время для диагностики заболевания используют бронхоскопию, эзофагогастродуоденоскопию, цистоскопию, колоноскопию, амниоцентез и другие методы. Без сомнения, это повышает риск развития ВБИ. К тому же, медицинские приборы, применяемые во время таких исследований, или их элементы требуют современных, иногда нетрадиционных, методов обеззараживания и стерилизации (у-излучением, током ультравысоких частот и т. п.).

В-пятых, значительно осложнились оперативные вмешательства, особенно в кардионейрохирургии, онкологии, трансплантологии. Медицинскую помощь оказывают больным, которых раньше считали обреченными. К проведению таких сложных операций привлекают большое количество медицинских работников. Иногда в течение операции меняются несколько (2—3) хирургических бригад. Значительно увеличивается продолжительность оперативного вмешательства (иногда до 5—6 ч и даже 8—10 ч). Это также повышает риск развития ВБИ.

В-шестых, во время оказания медицинской помощи при некоторых болезнях, например коллагенозе, системных заболеваниях крови и кроветворных органов (лейкозы), онкологическим больным используются терапевтические средства, иммунодепрессанты, цитостатики, лучевая терапия, угнетающие иммунную систему.

И наконец, чуть ли не самым главным в распространении ВБИ являются некоторое самоуспокоение медицинского персонала, ослабление внимания к санитарно-гигиеническому и противоэпидемическому режиму. Надежда на антибиотики приводит к тому, что медицинские работники иногда не соблюдают надлежащим образом санитарно-гигиенические и противоэпидемические требования, нарушают правила асептики и антисептики, режимы обеззараживания, дезинфекции и стерилизации. К этому следует также добавить отсутствие в настоящее время совершенной системы дозирования антибиотиков, что приводит к возникновению высоковирулентных и очень стойких микроорганизмов (некоторые штаммы E. coli, Staphylococcus, Klebsiella, Ps. aeruginosa) и к уменьшению нормальной бактериальной флоры организма человека.

Кроме того, недостаточное количество бактериологических лабораторий в лечебных учреждениях не дает возможности прицельно использовать антибиотики. Часто применяют антибиотики широкого спектра действия. Это способствует образованию стойких штаммов микроорганизмов. Некоторые иссле-

дователи, например Е. Fleischer (1982), сравнивают применение антибиотиков с печальным опытом использования гербицидов и инсектицидов. Первый успех применения химических средств защиты растений в дальнейшем создал экологический вакуум, который быстро заполнила резистентная высоковирулентная флора. Все вышеуказанное приводит к тому, что в настоящее время уровень заболеваемости и распространения ВБИ достиг (а в некоторых больницах даже превысил) тот показатель, который регистрировался в доантибиотиковый период.

Более ста лет тому назад, еще во времена Луи Пастера и Листера, разрабатывали технологию профилактики ВБИ двумя путями: асептики и антисептики. К сожалению, спор между асептическими и антисептическими направлениями разрешается в пользу последнего. Это приводит к тому, что асептическими мероприятиями почти пренебрегают. Часто руководители учреждений здравоохранения жалуются на то, что у больницы нет средств на закупку в достаточном количестве дезинфекционных препаратов и стерилизационного оборудования. Это не удивительно: часто в смете больницы вообще не предусмотрены затраты на дезинфекцию и стерилизацию. Одновременно колоссальные средства тратятся на антибиотики и другие препараты, используемые для борьбы с ВБИ. Например, стоимость лечения одного инфицированного больного в Российской Федерации составляет 340 долларов США (СМ. Савенко, 1998).

Какие же инфекции выявляют наиболее часто в лечебных учреждениях? Как уже отмечалось, среди ВБИ в хирургических стационарах, родильных домах (или отделениях) на первом месте стоят гнойно-септические инфекции. Их обуславливают ассоциации микроорганизмов, в первую очередь золотистый стафилококк или другие условно-патогенные бактерии. Соотношения разных нозологических форм таких процессов, по данным многих исследователей, почти одинаковы в различных хирургических стационарах. Так, F. Dascher (1979) в результате эпидемиологических исследований установил, что в 33,3% случаев наблюдалась инфекция мочевых путей; в 18,3% — раневая инфекция; в 16,4% — инфекционные осложнения со стороны дыхательных путей; в 8,7% — сепсис (рис. 123). Почти аналогичные данные получил W. Munnich (1979). Он отметил, что в 40% случаев ВБИ были инфицированы мочевые пути; в 25% случаев наблюдалась раневая инфекция; в 16% — инфекционные осложнения со стороны дыхательных путей; в 3,5% — сепсис.

Второе место в структуре внутрибольничных инфекций занимают острые кишечные инфекции у детей, особенно первого года жизни. Имеются в виду в первую очередь сальмонеллез и эшерихиоз. В научной медицинской литературе описаны вспышки сальмонеллеза у новорожденных в родильных домах. Источником возбудителя инфекции были не матери,

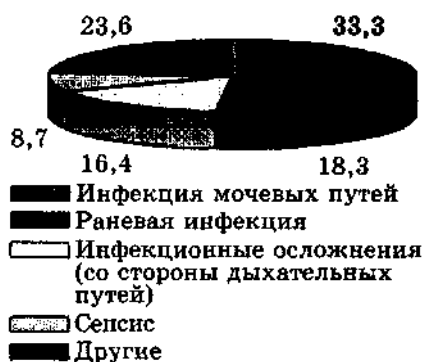


Рис. 123. Структура нозологических форм ВБИ (F. Dascher, 1979)

а медицинский персонал. Чаще всего выделяли штамм *S. typhimurium* (В.А. Колессо, 1976; Р.П. Венцел, 1990, и др.). Подобный случай зафиксирован в детском отделении родильного стационара больницы № 22 г. Киева в 1992 г. Возбудитель инфекции (*S. typhimurium*) высеян у медицинского персонала. Заболели 32 детей, из них 8 были в тяжелом состоянии. Причем болезнь проявлялась в стационаре и дома (после выписки из стационара).

Третье место в структуре ВБИ занимают парентеральные инфекции. К этой группе относятся вирусный гепатит В и СПИД.

Таким образом, ВБИ вызывают следующие микроорганизмы:

- патогенные (вирусы гепатита В, СПИДа, гриппа, аденовирусы, энтеровирусы полиомиелита, Коксаки, ЕСНО);
- условно-патогенные (стафилококки, стрептококки, синегнойная палочка, протей, клебсиелла, кишечная палочка, сальмонеллы, энтеробактер, энтерококки, бактероиды, клостридии, грибы и др.).

Необходимо подчеркнуть, что ВБИ вызывают не просто условно-патогенные грамположительные или грамотрицательные микроорганизмы, а обычно особые внутрибольничные штаммы, которые отличаются более высокой вирулентностью для человека, стойкостью относительно неблагоприятных факторов внешней среды и полирезистентностью к антибиотикам.

ВБИ могут протекать в виде:

- локализованных форм (пиодермия, абсцесс, флегмона, отит, мастит, конъюнктивит, уретрит, цистит, пиелонефрит, эндометрит);
- генерализованных процессов (сепсис);
- других инфекций (коревая краснуха, корь, вирусный гепатит и т. п.).

В медицинской литературе приведено несколько *классификаций* ВБИ. Так, Э.Б. Боровик, М.Т. Паркер (1979) разделяют их на 3 группы: I — септические инфекции; II — респираторно-вирусные; III — желудочно-кишечные.

Е.И. Гончарук (1999) считает целесообразным выделять и IV группу — парентеральных инфекций — вирусный гепатит В (парентеральный, или сывороточный), СПИД.

Венгерский исследователь G. Losonczy (1976) в зависимости от механизма распространения ВБИ выделил следующие группы: кишечные инфекции; инфекции дыхательных путей; инфекции, возбудители которых проникают через кожу и слизистые оболочки; инфекции, возбудители которых проникают через полости тела.

Анализируя *особенности эпидемиологии* ВБИ, необходимо подчеркнуть, что в последние годы произошли значительные изменения в эпидемиологии, этиологии и механизме их возникновения. Заметные изменения претерпела этиологическая структура. Так, в конце 30-х, в начале и в конце 40-х годов прошлого века преимущественно возникали в стационарах рожа и другие стрептококковые инфекции, газовая гангрена, столбняк. Именно эти инфекции определяли "погоду" в хирургических, гинекологических, травматологических отделениях и родильных домах.

В детских больницах наблюдались случаи занесения дифтерии, кори, коклюша, ветряной оспы и других инфекций.

В начале 50-х годов прошлого столетия структура ВБИ начала изменяться. На первое место среди причин возникновения послеоперационных и после родовых осложнений вышла стафилококковая инфекция. Начали говорить и о стафилококковом нашествии как о чуме XX в. По высказываниям некоторых исследователей, стафилококковая чума охватила мир. Среди возбудителей, которые выделяли больные, почти всегда доминировал *St. aureus*, или, как его определяют зарубежные исследователи, — метициллинрезистентные штаммы *St. aureus* (MRSA).

Во второй половине 60—70-х годов прошлого века во многих странах на первое место вышли инфекции, которые вызывают грамотрицательные микроорганизмы: синегнойная палочка, протей, эшерихии, клебсиеллы. Возросла роль стрептококков группы В.

В то же время в большинстве работ отмечается, что, несмотря на увеличение роли грамотрицательной микрофлоры в возникновении послеоперационных нагноений, золотистый стафилококк выделяется у 50% больных с такими послеоперационными осложнениями. По данным D. Leigh (1974), в 56% случаев основными возбудителями таких осложнений являются неспорообразующие (неклостридиальные) бактерии. Другие исследователи (S. Еукун, 1978) указывают на преимущественную роль в послеоперационных нагноениях кишечной палочки и протей.

В приказе МЗ бывшего СССР № 720 сказано, что в хирургических клиниках наиболее частыми возбудителями гнойно-септических инфекций являются резистентные к антибиотикам штаммы золотистого стафилококка (*St. aureus*; *St. epidermidis*), β -гемолитического стрептококка, синегнойной палочки (*Ps. acidovarum*, *Ps. aeruginosa*), протей (*Pr. vulgaris*, *Pr. mirabilis*), кишечной палочки, сальмонелл (*S. typhimurium*), клебсиелл, сераций, грибов рода *Candida*, а также различные ассоциации указанных микробов. Если учесть возможные комбинации, то вариантов таких ассоциаций может быть большое количество.

Следует отметить, что в настоящее время нет ни одной больницы, где бы эти комбинации повторялись. Можно сказать так: сколько имеется лечебных учреждений в Украине и за ее пределами, столько имеется и комбинаций ассоциаций микроорганизмов. Причем они не повторяют одна одну.

Если все гнойно-септические процессы, возникающие в больницах, принять за 100%, то 1/3 их обуславливается ассоциацией факультативных анаэробов (табл. 123), 1/3 — ассоциацией факультативных и облигатных анаэробов, и еще 1/3 — ассоциацией аэробных и анаэробных бактерий. Например, болезнетворное действие анаэробных микроорганизмов (клостридии, бактероиды, фузобактерии) обнаруживается в присутствии аэробных микроорганизмов (непатогенные биовары стафилококка, *E. coli*).

В последнее время удельный вес ВБИ, обусловленных грамотрицательными микроорганизмами, еще больше возрос, вероятно, потому что в случае выделения стафилококка одновременно с протеем, синегнойной кишечной палочкой или с другими агентами часто ставят диагноз стафилококковой инфекции, в то время как на самом деле это микст-инфекция. Следует также учитывать,

Микроорганизмы, наиболее часто вызывающие ВБИ

Группа микроорганизмов	Представители
Факультативные анаэробы	Грамположительные кокки: - стафилококки (<i>Staphylococcus</i>): <i>St. aureus</i>, <i>St. epidermidis</i>, <i>St. saprophyticus</i>; - стрептококки (<i>Streptococcus</i>): <i>St. pyogenes</i>, <i>St. viridans</i>, <i>St. pneumoniae</i>. Грамотрицательные палочки: - протей (<i>Proteus</i>): <i>Pr. vulgaris</i>, <i>Pr. mirabilis</i>; - эшерихии (<i>Escherichia</i>): <i>E. coli</i>; - сальмонеллы (<i>Salmonella</i>): <i>S. typhimurium</i>, <i>S. enteritidis</i>, <i>S. cholerae suis</i>, <i>S. paratyphi</i>, <i>S. typhi</i>, <i>S. schottmueleri</i>
Облигатные аэробы	Грамотрицательные палочки: псевдомонас (<i>Pseudomonas</i>): <i>Ps. aeruginosa</i>, <i>Ps. acidovarum</i>
Облигатные анаэробы	Грамотрицательные палочки: - клебсиеллы (<i>Klebsiella</i>): <i>Kl. pneumoniae</i>, <i>Kl. ozaenae</i>, <i>Kl. rhinoscleromatis</i>; - бактероиды (<i>Bacteroides</i>): <i>Bac. fragilis</i>, <i>Bac. melanogenicum</i>; - фузобактерии (<i>Fusobacterium</i>): <i>F. nucleatum</i>, <i>F. mortiferum</i>. Грамположительные кокки: - пептострептококки (<i>Peptostreptococcus</i>): <i>Pept. putridus</i>, <i>Pept. anaerobius</i>. Грамположительные спорообразующие палочки: - кловидии (<i>Clostridium</i>): <i>Cl. perfringens</i>, <i>Cl. septicum</i>, <i>Cl. oedematis</i>, <i>Cl. histolyticum</i>

что ВБИ в настоящее время обуславливается не только ассоциацией аэробных микроорганизмов, но и анаэробами вместе с аэробами.

В.И. Покровский и Н.А. Семина (1992) считают, что для ВБИ характерны следующие особенности эпидемиологии:

1. ВБИ полиэтиологичны. Обуславливаются главным образом возбудителями, принадлежащими к условно-патогенным микроорганизмам.

2. Большинство ВБИ вызывается сформированными внутрибольничными штаммами (золотистый и эпидермальный стафилококки, синегнойная палочка, эшерихии, энтеробактерии, разные серотипы сальмонелл и др.).

3. Внутрибольничные штаммы отличаются следующими свойствами: множественной устойчивостью к лекарственным препаратам, высокой резистентностью к неблагоприятным факторам окружающей среды, вирулентностью.

4. Возбудителями внутрибольничной инфекции становятся и такие редкостные в прошлом бактерии, как иерсинии энтероколита, легионеллы.

5. ВБИ вызывают ВИЧ-вирусы, вирусы гепатита В, С, Е, дельта, энтеровирусы, обуславливающие вспышки конъюнктивита, увеита, ирита, миокардита.

6. ВБИ вызывают простейшие (пневмоцисты), грибы рода *Candida*.

М.Л. Лившиц и Е.Б. Брусина (1992), характеризуя особенности течения эпидемического процесса в хирургических стационарах, акцентируют внимание на следующих моментах:

1. Процесс развивается у пациентов, ослабленных основной болезнью или оперативным вмешательством.

2. Существенное значение — как фактор передачи инфекции — имеет внешняя среда стационара.

3. Формируются специфические пути передачи инфекции: инструментальный, имплантационный, ангиогенный (посткатетеризационный), постинфузийный и др.

4. В этиологической структуре ВБИ превалируют условно-патогенные микроорганизмы.

5. Существует четкая зависимость клиники от локализации основной болезни, характера оперативного вмешательства, а также полиморфизм этиологии и клинических проявлений.

6. Мощное постоянное влияние антибиотиков на микробную популяцию и иммунную систему у больных.

Кто же может быть *источником ВБИ*? *Во-первых*, это больные, которые обращаются в лечебно-профилактические учреждения. У больных хирургических стационаров микроорганизмы попадают в рану с кожи и слизистой оболочки. По данным В.П. Венцела (1992), резервуары послераневых инфекций могут создаваться за счет микроорганизмов нормальной флоры кожи, пищеварительного тракта, женских половых органов и верхних дыхательных путей.

Во-вторых, это медицинский персонал. Например, В.П. Венцел (1992) на первое место среди источников возбудителя послеоперационных раневых инфекций ставит медицинский персонал ("руки персонала, который оперирует, — это потенциальный резервуар микроорганизмов, вызывающих раневую инфекцию..."), на второе — волосы персонала. Он также сообщает о 7 вспышках послеоперационной раневой инфекции, обусловленной ректальным или вагинальным носительством стрептококков группы А у врачей и медицинских сестер. В воздух операционных микроорганизмы поступают также из верхних дыхательных путей медицинского персонала.

О роли медицинского персонала как источника возбудителя ВБИ красноречиво свидетельствуют данные Е.П. Ковалевой (1982). Автор установила, что в родильных домах 15—45% рожениц являются носителями инфекции; среди медицинского персонала — от 15 до 80%. Чаще носителями инфекции являются медицинские сестры. Это объясняется тем, что медицинские сестры чаще контактируют с больными, выполняют не только назначения врачей, но и обеспечивают санитарно-гигиенический уход. Причем штаммы стафилококка, которые были выделены у медицинских сестер детского отделения и родильного дома, оказались стойкими к 11—13 антибиотикам.

Медицинский персонал может быть носителем пневмоцист. В литературе описан случай пневмоцистоза в детском доме. Заболевание регистрировали в течение 7 лет (заболели 72 детей). Носителем пневмоцист была акушерка родильного дома. Заражение происходило в первые часы жизни ребенка, затем — уже в детском доме. Из 72 детей 30 находились в критическом состоянии, 7 — умерли. Заболевание протекало по типу интерстициальной пневмонии.

Де Рин и соавторы (1976) описали вспышку ВБИ (10 случаев) в отделении сердечно-сосудистой хирургии. Заболевание протекало по типу септицемии, бронхопневмонии, инфекции мочевыводительных путей, нагноения ран. Четверо больных умерли. Во время обследования медицинского персонала (48 человек) *Pseudomonas aeruginosa* был обнаружен у 36 в мазках из зева, а у 1 — в испражнениях.

Среди возможных факторов передачи возбудителей ВБИ ведущее место в хирургических клиниках таких зарубежных стран, как США, Великобритания и другие занимает окружающая среда операционных. Описаны случаи, когда *St. perfringens* был занесен в операционную рану нестерильными инструментами, сконтаминированными антисептиками (0,05% раствор хлоргексидина был загрязнен протеом из больничного водопровода), перевязочным материалом (эластичная липкая лента была загрязнена на предприятии, где ее изготавливали).

Необходимо отметить, что в последнее время представления о механизме возникновения ВБИ претерпели значительные изменения. Если до сих пор боялись занести инфекцию в стационар, то сегодня все чаще опасность кроется во внутрибольничном инфицировании. Большинство случаев ВБИ являются следствием заражения в лечебном учреждении. Например, В. Blettery и соавторы (1979) установили, что в отделении реанимации причинами развития ВБИ в 26% случаев оказалась внутрисосудистая катетеризация, в 23% — катетеризация мочевого пузыря, в 11% — нагноения ран, 7% — трахеотомия. Причиной таких осложнений, по мнению авторов, является снижение интенсивности проведения мероприятий по соблюдению асептики и антисептики.

На *третьем месте* среди источников ВБИ — посетители (родственники, друзья, коллеги и др.), а также студенты высших или средних учебных заведений, врачи-интерны, слушатели курсов повышения квалификации врачей.

Все указанные категории лиц могут стать источником ВБИ при условии, если они: а) болеют острой, скрытой или хронической формой инфекционного заболевания, включая и раневую инфекцию; б) являются носителями различных видов патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

Носители (бациллоносители) — лица, у которых инфекционный процесс протекает без клинических проявлений (т. е. внешне они здоровы), однако в их организме возбудитель живет, размножается, накапливается и выделяется в окружающую среду.

В зависимости от того, имеются сведения в анамнезе о перенесенной болезни или нет, различают такие формы носительства:

- здоровое (человек не болел и не болеет, а лишь выделяет возбудителей). Наблюдается при дифтерии, менингококковой инфекции, амебиазе и др.;

- реконвалесцентное (у тех, кто переболел этим недугом).

По продолжительности различают:

- реконвалесцентное острое носительство (выделяется возбудитель не более 3 мес);

- реконвалесцентное хроническое носительство (выделяется возбудитель свыше 3 мес).

Пути и факторы передачи ВБИ

В большинстве случаев ВБИ наблюдаются различные пути и факторы передачи возбудителей болезни.

По данным В.П. Венцеля (1990), в хирургических клиниках среди механизмов передачи микроорганизмов, которые вызывает послеоперационные инфекции, на первом месте контактный (прямой или не прямой) путь передачи инфекции руками хирургов, на втором — воздушно-капельный путь перенесения микроорганизмов в операционную рану.

В результате эпидемиологических исследований установлено, что стафилококковые инфекции в хирургических стационарах передаются воздушно-капельным (аэрогенным) и контактно-бытовым (белье, медицинские инструменты, некоторые медикаментозные препараты) путями. Так, в хирургических отделениях г. Грозного выделяли 1877—2094 бактерии с 1 м³ воздуха помещений, в том числе 71—72 колонии *St. aureus* (в операционных — 19 колоний *St. aureus*, главным образом, госпитальных штаммов). Причем максимальные колебания бактериального загрязнения воздуха наблюдались с 7.00 до 11.00, т. е. во время уборки помещений, перестилания постелей, проведения манипуляций. С предметов и рук персонала (хирургов) в 14—27% проб, а перед операцией в 4—6% проб выделяли стафилококки.

В родильных домах или отделениях возбудителей инфекции выделяли с пищевых продуктов, растворов, грудного молока женщин, болеющих гнойным или серозным маститом.

Сальмонеллы обнаруживали на игрушках, кроватях, пеленальных столах, постельном белье, руках больных и медицинского персонала, а также в пробах пыли и воздуха из вентиляционных каналов.

Синегнойная палочка, протей, клебсиеллы, энтеробактерии способны размножаться в водных растворах. Их высевали из смывов умывальников, ванн, предметов ухода за больными, находились они и на полотенцах. Установлено, что возбудители инфекции лучше и дольше сохраняются на предметах с шероховатой поверхностью.

В последнее время, как считает В.И. Покровский (1992), одновременно с традиционными (воздушно-капельный, контактно-бытовой, фекально-оральный) все большее значение приобретает искусственный механизм передачи. В странах СНГ он играет значительно большую роль, чем в других странах мира. Инвазивные вмешательства при нарушении режима стерилизации, низком уровне профессиональной грамотности медицинского персонала, дефиците одноразовых шприцев, систем одноразового использования для внутривенных вливаний, гемодиализа и пр., по данным ВОЗ и отечественных исследований, не обоснованы. Имеется в виду настоящая агрессия медицинских диагностических и лечебных инвазивных процедур.

Профилактика ВБИ, как и других инфекционных заболеваний, осуществляется путем организации и проведения комплекса мероприятий (рис. 124), направленных на источник инфекции, механизм его передачи и восприимчивый организм.

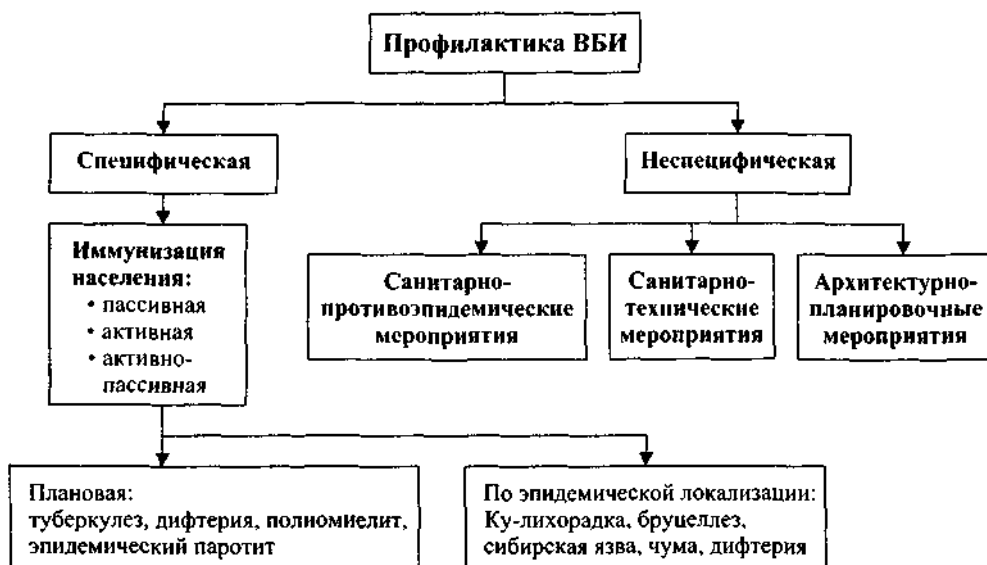


Рис. 124. Схема профилактики ВБИ

Санитарно-противоэпидемические мероприятия в больницах проводятся в соответствии с:

- приказом МЗ № 59 "Об усовершенствовании мероприятий по профилактике внутрибольничных инфекций в родильных домах (акушерских стационарах)" от 10.02.2003 г.;
- приказом МЗ № 288 "Об утверждении Инструкции о санитарно-противоэпидемическом режиме больниц и порядке осуществления органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы государственного санитарного надзора за санитарным состоянием лечебно-профилактических учреждений" от 23.03.1976 г.;
- приказом МЗ № 720 "Об улучшении медицинской помощи больным с гнойными хирургическими заболеваниями и усилении мероприятий по борьбе с внутрибольничной инфекцией" от 31.07.1978 г.;
- приказом МЗ № 770 "О введении в действие ОСТ 42-21-2-85 "Стерилизация и дезинфекция изделий медицинского назначения. Методы, средства, режимы" от 10.06.1986 г.

Санитарно-противоэпидемические мероприятия, направленные на источник инфекции, осуществляются путем своевременного выявления, изоляции и адекватного лечения больных, а также выявления и санации бактерионосителей.

Существуют следующие пути разрыва механизма передачи инфекции: обеззараживание; обработка и дезинфекция рук медперсонала; обеззараживание воздуха в помещениях; стерилизация, дезинфекция.

Резистентность организма повышают посредством организации рационального питания, создания оптимального микроклимата и воздухообмена, адекват-

ной медикаментозной и физиотерапии, специфической профилактики гнойно-септических осложнений за счет введения стафилококкового анатоксина (до операции) и гамма-глобулина (после операции).

Мероприятия, направленные на источник инфекции, — выявление, изоляция и санация больных. Вопрос очень сложный. К сожалению, современное состояние медицинской науки не позволяет полностью устранить возможность возникновения ВБИ. В настоящее время в детских больницах количество коек не дает возможности разместить детей по этиологическим признакам болезни. Например, понос инфекционного происхождения может возникать в результате попадания в организм шигелл (свыше 40 типов) и сальмонелл (несколько сотен вариантов). Кроме того, у детей понос может быть вызван разными типами патогенной кишечной палочки, стафилококками. О какой изоляции здесь можно говорить?!

Сверхсложным также является вопрос борьбы с носителями. В настоящее время лечебные учреждения не имеют эффективных методов ликвидации стафилококкового бациллоносительства, отсутствуют методы своевременного распознавания здоровых бациллоносителей, нет возможности госпитализировать здоровых бациллоносителей. А это становится причиной занесения инфекции в больницу. К этому следует также добавить, что часто врачи, медицинские сестры, у которых болезни протекают с маловыраженной симптоматикой (насморк, ангина, кожные процессы, гнойный отит, незначительный понос), продолжают работать и становятся источником инфекции.

Для выявления носительства среди медицинского персонала проводятся профилактические медицинские обследования персонала в соответствии с приказом МЗ Украины № 280 от 23.07.2002 г. "Об организации проведения обязательных профилактических медицинских осмотров работников отдельных профессий, производств и организаций, деятельность которых связана с обслуживанием населения и может привести к распространению инфекционных болезней".

Разрыва механизма передачи возбудителей ВБИ в условиях больницы достигают посредством соблюдения санитарно-противоэпидемического режима, в том числе проведения дезинфекции и стерилизации с применением химических и физических методов обработки в соответствии с приказами МЗ Украины. Стерилизации подлежат изделия, соприкасающиеся с раневой поверхностью, контактирующие с кровью, инъекционными препаратами, и отдельные виды медицинских инструментов, которыми манипулируют на слизистых оболочках и которые могут их повредить.

Дезинфекции подлежат: помещения (палаты, коридоры, процедурная и др.); инвентарь (тазы для использованного перевязочного материала, эмалированные лотки, резиновые коврики); санитарно-технические установки (раковины, ванны, унитазы); выделения больного (мокрота, моча, кал).

Архитектурно-планировочные мероприятия предусматривают решение следующих вопросов:

- 1) месторасположение больницы в плане населенного пункта;
- 2) выбор земельного участка под строительство больницы;
- 3) система застройки больницы;

4) функциональное зонирование территории;

5) внутренняя планировка и оборудование основных подразделений больницы.

Месторасположение больницы обычно определено генеральным планом и проектом детальной планировки населенного пункта, которые должны учитывать перспективу развития лечебно-профилактических учреждений в населенном пункте. В отдельных случаях может возникнуть необходимость в выборе участка для больницы, если ее строительство не предусмотрено генеральным планом или при его отсутствии.

Проблема выбора земельного участка под застройку больницы не проста. При этом следует учитывать комплекс социально-экономических, медицинских, демографических, экологических и других показателей.

Существуют различные подходы к решению обозначенной проблемы. Одни специалисты считают, что больницы необходимо максимально приблизить к населению и строить в центре города или микрорайона. Другие же считают, что они должны быть за пределами больших городов в районах зеленых массивов, где микроклимат способствует выздоровлению. Это дает возможность выбрать достаточный по размеру, с живописным пейзажем участок. Но при этом вдвое, а иногда и больше, повышается стоимость их строительства и эксплуатации. Поэтому перспективным является расположение их в селитебной зоне, но как можно далее от промышленных объектов и автомагистралей, вблизи лесопарковой зоны.

В Украине, согласно санитарному законодательству, больницы следует строить в селитебной, зеленой или пригородной зонах в соответствии с утвержденным генеральным планом и проектами детальной планировки населенного пункта с учетом функционального зонирования. *

Специализированные больницы или комплексы на 1000 коек и более для длительного пребывания больных, а также стационары с особым режимом такой же мощности (психиатрические, туберкулезные и др.) следует выносить в пригородную зону или на окраины районов, по мере возможности — в зеленые массивы, соблюдая разрывы от селитебной зоны не менее 1000 м. При оборудовании этих стационаров в пригородной зоне природные условия становятся дополнительным лечебным фактором.

При расположении лечебных учреждений и родильных домов в селитебной зоне населенного пункта лечебные и палатные корпуса необходимо строить не ближе чем за 30 м от красной линии и за 30—50 м от жилых домов, в зависимости от этажности здания.

Гигиенические требования к земельному участку, отводимому под строительство больницы

1. Земельный участок, отводимый под строительство больницы, как минимум, должен быть не хуже тех земельных участков, которые планируются под жилые дома, или даже лучшим. Здесь должны быть чистыми атмосферный воздух и почва. Запрещается сооружать лечебные учреждения на участках, которые

**Нормативы для расчета площади земельного участка стационара
для взрослых с вспомогательными зданиями и сооружениями**

Количество коек	Норма площади на 1 койку, м ²	Количество коек	Норма площади на 1 койку, м ²
До 50	300	> 400 до 800	100—80
> 50 до 100	300—200	> 800 до 1000	80—60
> 100 до 200	200—140	> 1000	60
> 200 до 400	140—100		

Примечание. Для детских больниц принимают норму стационара с коэффициентом 1,5, для родильных домов — с коэффициентом 0,7.

когда-то использовали под мусоросвалки, поля ассенизации, кладбища и пр., а также на почвах, загрязненных органическими, химическими и другими веществами.

2. Конфигурация земельного участка должна обеспечить оптимальное расположение больничных комплексов с гигиенических и медико-технических позиций.

Наилучшим, как считает А.Г. Сафонов, является прямоугольный участок с соотношением сторон 1:2—2:3, с ориентацией длинной стороны в средних широтах по гелиотермической оси, т. е. в пределах 19—22,5° на восток от меридиана.

3. Площадь земельного участка должна быть достаточной (с учетом возможной реконструкции и расширения больницы).

Критериями для определения площади земельного участка являются назначение больницы, мощность стационара и система застройки. Чем мощнее стационар, тем меньше норма площади на 1 койку. Нормативные величины для расчета площади земельного участка стационаров приведены в табл. 124.

Площади земельных участков в пригородной зоне необходимо увеличить для инфекционных и онкологических больниц на 15%, для туберкулезных и психиатрических — на 25%, восстановительного лечения для взрослых — на 20%, для детей — на 40%.

4. Земельный участок должен иметь удобную связь с районом обслуживания (больного должны доставить в больницу за 30 мин).

5. Земельный участок должен хорошо инсолироваться, быть сухим, богатым растительностью, располагаться на возвышении с естественным уклоном 1—6° для свободного перемещения больных и обеспечения стока атмосферных осадков, подведения подземных коммуникаций, оборудования подъездных дорог.

6. Участки больниц и родильных домов должны быть удалены от железнодорожных путей, аэропортов, скоростных автомагистралей и других мощных источников шума, вибрации, ЭМП и выбросов промышленных предприятий. На территории участка, прилегающего к лечебным корпусам, средний эквивалентный уровень звука с 7.00 до 23.00 не должен превышать 45 дБА, а с 23.00 до 7.00 — 35 дБА.

7. Уровень стояния грунтовых вод должен быть не менее 1,5 м от поверхности земли.

8. Участок больницы располагают с наветренной стороны относительно промышленной зоны, источников загрязнения окружающей среды.

9. Территория участка больницы, родильного дома или другого лечебного стационара должна быть озелененной, благоустроенной. Площадь зеленых насаждений и газонов должна составлять не менее 60% от общей площади участка, а площадь садово-парковой зоны вычисляют на основании норматива — 25 м² на койку.

10. С гигиенической точки зрения важен процент застройки участка. Он должен быть не более 15%. Это дает возможность организовать аэро- и гелиотерапию и в случае необходимости расширить строительство больницы.

По периметру земельный участок больницы должен иметь полосу зеленых насаждений шириной не менее 15 м, которая состоит из двух рядов высокоствольных деревьев и ряда кустов.

Системы застройки больницы. Павильонная система застройки впервые была предложена во Франции в XIX в. и широко применялась для изоляции больных, но в результате плохой вентиляции помещений заболеваемость "миазматическими" болезнями была высокой. Поэтому для интенсификации проветривания начали строить одноэтажные бараки с приспособлениями для естественной и искусственной аэрации (вентиляции).

Первый чисто гражданский госпиталь по барачной системе был возведен в Желоне (1860—1862). Он имел 16 барakov на 25 коек каждый. Эти бараки получили высокую гигиеническую оценку лишь с точки зрения эффективности вентиляции помещений.

Великий ученый и хирург Н.И. Пирогов считал, что одной из основных причин внутрибольничного заражения больных является их сосредоточенность на ограниченных площадях. Он предложил делать палаты меньшими. Открытия Луи Пастера, Роберта Коха развеяли убеждения о "миазматической" природе ВБИ. А павильонная система застройки применяется и в настоящее время. По такой системе сооружена больница им. Мечникова в Санкт-Петербурге, Центральная городская клиническая больница в Киеве.

Павильонную систему застройки больниц называют децентрализованной. Ее широко практиковали до 1952 г. Что же она собой представляет?

Больница, возведенная по децентрализованной системе, состоит из отдельных, сравнительно небольших 1—3-этажных зданий. Каждое из них имеет специальное назначение: поликлиника, стационары для больных отдельных профилей, административно-хозяйственная часть и др. Такой тип застройки имеет большое гигиеническое значение для инфекционных, детских, туберкулезных больниц, где необходима полная изоляция больных, а также для психиатрических клиник, где нужно разделить мужчин и женщин, взрослых и детей и т. п. (рис. 125).

При такой системе достигают надлежащей изоляции больных с разными инфекциями. Можно оборудовать изолированный сад не только для каждого корпуса, но и отделения, а также обеспечить больным тишину и покой.

Но децентрализованная система имеет и следующие недостатки: а) возникает необходимость в дублировании в лечебных корпусах специальных лечебно-диагностических кабинетов; б) транспортировать еду приходится из центральной кухни в корпуса на дальние расстояния; в) удлиняются пути движения медицинского персонала, больных; г) необходима большая площадь земельного участка под застройку; д) возрастают денежные затраты на благоустройство территории и возведение коммуникаций больницы.

Прежде чем подойти к гигиенической характеристике централизованной системы застройки больницы, следует подчеркнуть, что все помещения больницы общего типа можно объединить в 3 функциональные группы:

I — "жилые" помещения (палаты и комнаты для дневного пребывания больных);

II — лечебно-диагностические;

III — административно-хозяйственные.

Взаиморасположение функциональных групп помещений на территории больницы определяет систему застройки.

Желание максимально объединить лечебно-диагностические и вспомогательные службы, предельно приблизить

их к больному, эффективно использовать возможности современной санитарной техники (кондиционирование воздуха, панельное отопление и др.) способствовали созданию *централизованной системы застройки* (рис. 126).

Радикальным воплощением принципов этой системы было расположение практически всех структурных подразделений больницы (в некоторых вариантах — в том числе и пищеблок и патологоанатомическое отделение) в многоэтажном здании.

Преимущества централизованной системы:

1. Рациональное использование всеми отделениями лечебно-диагностического оборудования.
2. Возможность взаимной консультации специалистов разного профиля.
3. Удобные внутренние коммуникации между отделениями с помощью вертикального лифта, особенно это удобно в сырую и холод.

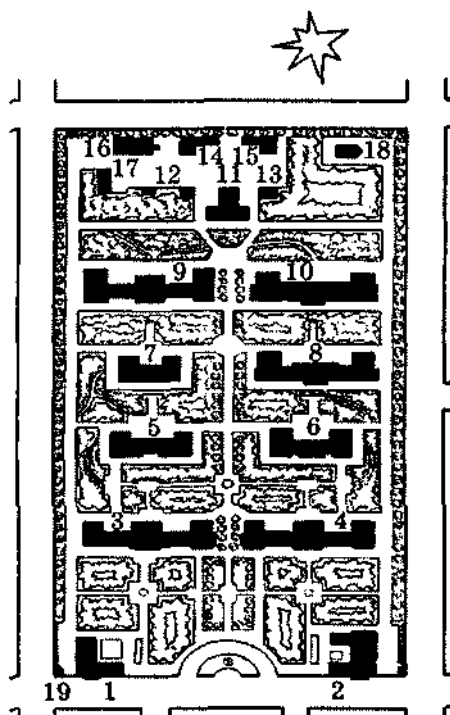


Рис. 125. Генеральный план децентрализованной системы строительства больницы: 1 — административный корпус; 2 — поликлиника; 3 — терапевтический корпус; 4 — хирургический корпус; 5 — кожно-венерологический корпус; 6 — фтизиатрический корпус; 7 — корпус для ЛОР и глазного отделений; 8 — инфекционный корпус; 9 — детский корпус; 10 — родильный корпус; 11 — пищеблок; 12—17 — служебно-хозяйственные здания; 18 — патолого-анатомический корпус; 19 — пропускник

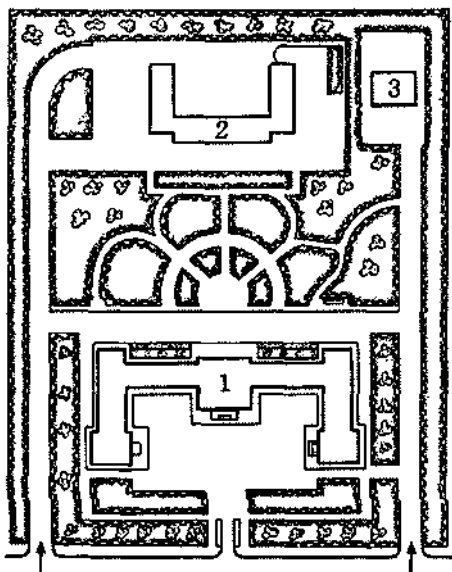


Рис. 126. Генеральный план больницы на 400 коек:

/ — главный корпус; 2 — хозяйственный корпус; 3 — патологоанатомический корпус

4. Сокращение путей движения больных, медицинского персонала, доставки пищи.

5. Рентабельность. За счет меньшей площади участка и отсутствия дублирования помещений, функциональных подразделений и инженерных сетей уменьшаются затраты на строительство и техническое оборудование больницы.

Наряду с этим централизованная система имеет и недостатки: а) большое количество посетителей в одном здании, где расположены все лечебные отделения, поликлиника, аптека, административно-хозяйственная часть, лаборатория и пр., что усложняет и снижает эффективность мероприятий по профилактике ВБИ; б) ухудшаются условия больничной среды. Высокая концентрация технических средств приводит к превышению уровня шума. Микроклимат верхних этажей в какой-то мере определяется степенью ветрозащиты помещений,

которые могут интенсивно продуваться. Затрудняется пользование больных больничным садом. Худшими являются и условия для экстренной эвакуации (например, при пожаре или стихийном бедствии).

Научный анализ условий эксплуатации больниц разной вместительности и систем их застройки показал, что в наибольшей мере отвечает медико-технологическим и гигиеническим требованиям *централизованно-блочная система*. В архитектурно-строительном плане ее реализуют таким образом: один или несколько палатных корпусов (6—9-этажные здания), в которых размещаются все палатные отделения, кроме инфекционного, и один или несколько малоэтажных зданий (2—4 этажа) для операционных, лечебно-диагностических, вспомогательных и других служб, объединенных крытыми наземными или подземными переходами. По такой системе в Киеве построены клинические больницы № 3, 4 и 9.

В настоящее время эта система дает наибольший экономический эффект при строительстве многопрофильных больниц. Прежде всего, значительно уменьшаются размеры земельных участков больницы. Так, если для больницы на 200 коек при децентрализованной системе необходимо 4 га, при смешанной — 3,5 га, то при централизованно-блочной — 3 га. Для больницы на 600 коек — 6,5; 6,0 га и 5,5 га соответственно. Такую систему застройки обычно используют в больших городах.

Смешанная система дает возможность избежать некоторых недостатков децентрализованной системы. При смешанной системе застройки соматичес-

кие отделения, не требующие изоляции, объединяют в главном, 4—5-этажном, корпусе. Там оборудуют также централизованные, хорошо укомплектованные отделения — рентгенологическое, физиотерапевтическое, приемное, оперблок и клинично-диагностическую лабораторию. В отдельных зданиях располагают инфекционное и туберкулезное отделения.

Кроме того, в отдельных корпусах оборудуют поликлинику, административно-хозяйственную часть, аптеку.

Такая система застройки больницы, с гигиенической точки зрения, заслуживает положительной оценки и является наиболее распространенной в Украине. По этой системе построено большинство общих больниц, как сельских, так и городских.

Смешанная система застройки позволяет функционально зонировать территорию больничного участка, сократить расстояние для транспортировки больных, перевозки пищи, других грузов, обеспечить лечебно-охранительный режим, эффективно использовать сложное диагностическое и лабораторное оборудование.

Функциональное зонирование территории больницы

Независимо от системы застройки больницы, организация ее территории должна обеспечить надлежащий гигиенический и противоэпидемический режим, а также лечебно-охранительный комфорт. Для этой цели территорию больницы по функциональному признаку разделяют на следующие зоны: а) лечебных корпусов для неинфекционных больных; б) лечебных корпусов для инфекционных больных; в) поликлиники; г) садово-парковая; д) патологоанатомического корпуса; е) хозяйственная.

Пищеблок размещают в зоне лечебных корпусов для неинфекционных больных или в хозяйственной зоне в отдельных зданиях или пристройках.

Согласно нормативным документам, действующим на территории Украины и стран СНГ, регламентированы не только зонирование территории больницы, но и изоляция этих зон. Так, между зонами и по периметру территории больницы предусмотрена полоса зеленых насаждений шириной не менее 15 м.

Обязательным условием функционального зонирования территории больницы является организация отдельных въездов (не менее 3):

- в зону лечебных корпусов для неинфекционных больных;
- в зону инфекционного корпуса;
- в хозяйственную зону (можно объединить с проездом к патологоанатомическому корпусу).

Размещая здания на земельном участке больницы, необходимо соблюдать такие минимальные разрывы:

1) между длинными сторонами палатных корпусов — 2,5 высоты более высокого здания, но не менее 24 м;

2) между палатными корпусами и патологоанатомическим корпусом или зданиями, расположенными в хозяйственной зоне (кроме пищеблока), — не менее 30 м;

- 3) между пищеблоком и патологоанатомическим корпусом — не менее 30 м;
- 4) между радиологическим корпусом и другими зданиями — не менее 25 м;
- 5) между корпусами с палатами и жилыми домами — не менее 30—50 м, в зависимости от этажности лечебно-профилактических учреждений.

Следует помнить, что формальное соблюдение 30-метрового разрыва между палатными корпусами и патологоанатомическим корпусом не всегда гарантирует надлежащий лечебно-охранительный режим и отсутствие отрицательного психоэмоционального воздействия на больных. Для этого необходимы такие архитектурно-планировочные решения, которые не допускают просмотр патологоанатомического корпуса и подъездов к нему больными, находящимися в палатах, столовых или в садово-парковой зоне.

Инфекционные, акушерские, психосоматические, кожно-венерологические, детские отделения, входящие в состав многопрофильных больниц, должны оборудоваться в отдельных зданиях. Для них выделяют отдельные садово-парковые зоны. При расположении на участке больницы поликлинического корпуса последний должен размещаться ближе к периферии участка.

Перед главными входами в больницы, поликлиники, диспансеры и родильные дома предусмотрено оборудовать площадки для посетителей из расчета 0,2 м² на 1 койку, или одно посещение в смену, но не менее 50 м². Перед въездами на территорию должны быть стоянки для автотранспорта учреждений, сотрудников и посетителей, но не ближе 100 м от палатных корпусов. Временные стоянки автотранспорта индивидуального пользования следует планировать на расстоянии не ближе 40 м от главного въезда в стационар.

На территории инфекционной больницы (корпуса) должны быть выделены "чистая" и "грязная" зоны, изолируемые друг от друга полосой зеленых насаждений. На выезде из "грязной" зоны должна быть крытая площадки для дезинфекции автотранспорта.

Здания лечебных и амбулаторно-поликлинических учреждений, санаториев обычно проектируют не выше 9 этажей (при условии градостроительного обоснования этажность может быть увеличена по согласованию с территориальными органами Государственного пожарного надзора).

Палатные отделения детских больниц и корпусов (в том числе палаты для детей в возрасте до 3 лет с матерями) следует располагать не выше 5-го этажа, палаты для детей в возрасте до 7 лет и детские психиатрические отделения (палаты) — не выше 2-го этажа.

Палаты для детей в возрасте до 7 лет допустимо оборудовать выше 5-го этажа при условии монтирования противодымной защиты путей эвакуации и системы автоматического пожаротушения.

Важными объективными критериями гигиенической оценки территории больницы являются процент застройки и озеленения. Практика показывает, что застройка земельного участка не должна превышать 15%, озеленение участка — не менее 60%. На хозяйственный двор, переходы, проезды остается почти 25% территории.

Озеленение территории больницы создает благоприятные условия для пребывания больных и поддержания лечебно-охранительного режима в стацио-

наре. Значение зеленых насаждений очень велико и определяется их влиянием на микроклиматические условия окружающей среды. Благодаря зеленым насаждениям температура воздуха летом снижается, а зимой — повышается. Увеличение влажности воздуха и уменьшение скорости ветра создает ощущение пролады. Летом снижается температура почвы и зданий, что особенно важно для южных регионов. В зоне озеленения уменьшается интенсивность шума на 30—40%. Ветрозащитное действие деревьев распространяется на расстояние, в 10 раз превышающее их высоту. Зеленые насаждения имеют пылезащитные свойства, особенно летом. Крона, ствол не только задерживают пыль, но и адсорбируют газы, пары, а также бактерий. Особенно велико пылезащитное значение кустов и травяных газонов.

В больничном саду больные имеют возможность много двигаться, а это стимулирует обмен веществ, деятельность миокарда, нервной системы, моторную функцию кишечника, способствует улучшению аппетита, сна. Там оборудуют площадки для аэро-, гелиотерапии, лечебной физкультуры.

Много видов растений и деревьев выделяют фитонциды (эфирные масла, смолы и т. п.), которые губительно действуют не только на сапрофитные, но и патогенные микроорганизмы. Например, фитонциды листьев березы, тополя и пихты убивают стафилококки, стрептококки, возбудителей туберкулеза. Хвоя и листья дуба выделяют фитонциды, которые убивают кишечную флору.

Поэтому для озеленения территории больницы можно использовать различные декоративные деревья (березу, каштан, клен, липу и др.), кустарниковые (сирень, жасмин и др.) и вьющиеся (виноград, плющ, лианы и др.) растения. Минимальное расстояние от ствола дерева до стены здания должна быть не менее 5 м, от кустов — не менее 1,5 м.

По периметру участок лечебно-профилактического учреждения со стационаром обязательно ограждают.

Обобщая требования к зонированию территории больницы, следует отметить такие правила: 1) расположение на территории больницы функционально не связанных с ней объектов запрещается; 2) на территории больницы не должны создаваться условия для пересечения так называемых чистых и грязных маршрутов.

Внутренняя планировка основных подразделений больницы

Исходя из функционального назначения различных помещений, их условно можно объединить в такие группы:

- 1) для приема и выписки больных;
- 2) для постоянного пребывания больных (палатные отделения);
- 3) лечебно-диагностические;
- 4) вспомогательные помещения медицинского назначения;
- 5) помещения службы питания;
- 6) административно-служебные и бытовые помещения;
- 7) помещения для служб и сооружений инженерного, санитарно-технического, электротехнического, ремонтного обеспечения.

Технологический процесс обслуживания больного начинается с приемного отделения. Оно является "зеркалом больницы". Здесь у больного складывается первое впечатление о больнице, что имеет большое значение для его психологического состояния и успеха лечения. Поэтому следует заботливо относиться к больным, обеспечить четкость в работе, образцовый порядок, уют.

Основными функциональными задачами этого отделения являются следующие: а) прием, регистрация и распределение больных; б) установление ориентировочного медицинского диагноза; в) решение вопроса о необходимости в стационарном или амбулаторном лечении; г) оказание медицинской помощи; д) санитарная обработка больных неинфекционного профиля; е) осуществление мероприятий по предупреждению занесения и распространения инфекционных болезней; ж) организация эвакуации больных, нуждающихся в лечении в других лечебных учреждениях; з) выписка больных и выдача справок.

Одной из основных задач является своевременное выявление, изоляция в инфекционное отделение больных с подозрением на инфекционные болезни. Для этого обязательно проводят осмотр кожи, зева, термометрию пациента. Поэтому в отделении должно быть достаточное количество шпателей и термометров. Прием больных проводят в соответствии с профилем заболевания.

Расчетное количество больных, поступающих в приемные отделения в сутки, принимают в соответствии с количеством коек в больнице или определенном отделении: 2% — в туберкулезных, психиатрических, реабилитационных больницах; 15% — в больницах "Скорой медицинской помощи", родильных домах; 10% — в других больницах.

Приемные отделения и помещения для выписки больных должны быть отдельными для детского, акушерского, гинекологического (в родильном доме), кожно-венерологического, инфекционного, туберкулезного и психиатрического отделений.

Приемные помещения других отделений следует проектировать общими и располагать в главном корпусе больницы или в корпусе с наибольшим количеством коек, чтобы они имели удобную связь с палатными и лечебно-диагностическими отделениями стационара.

Отделения для приема и выписки больных следует размещать на первом этаже, в изолированной части здания и по возможности вблизи главного въезда на территорию больницы. Для возможности подъезда машин скорой помощи к отделению следует предусмотреть пандус с навесом для стоянки 1—2 машин, а при проектировании больниц в районах с продолжительными зимами — тамбур с отоплением.

Количество потоков больных следует принимать: в тубдиспансерах и больницах для восстановительного лечения — 1 поток на 800 коек; в психиатрических больницах — 1 поток на 600 коек; в больницах "Скорой медицинской помощи" — 1 поток на 150 коек; для других стационаров — 1 поток на 200 коек.

На каждый поток в больницах (кроме инфекционных, детских и акушерских) следует предусмотреть одну смотровую комнату и один санитарный пропускник. Если нет отапливаемых переходов, санитарные пропускники проекти-

руют отдельно в каждом корпусе. Помещения для выписки предусматривают в каждом палатном корпусе.

В инфекционных больницах и инфекционных отделениях многопрофильных больниц для приема больных следует оборудовать приемно-смотровые боксы, количество которых зависит от количества коек в отделении: до 60 коек — 2 бокса; свыше 60—100 коек — 3 бокса; от 100 коек — $3 + x$, где x — 1 дополнительный бокс на каждые 50 коек отделения.

В инфекционных отделениях входы, лестницы и лифты должны быть отдельными для приема и выписки больных.

Для приема в стационар больных детей следует организовать (как и в инфекционных больницах) приемно-смотровые боксы. Их количество зависит от количества коек терапевтического и хирургического профиля: в терапевтическом — 2%, хирургическом — 4%. Для приема инфекционных больных дополнительно предусматривают изоляцию приемного отделения (посредством организации санитарных пропускников для персонала и больных) и приема больных через диспетчерскую в приемно-смотровых боксах.

В акушерских стационарах группы приемных помещений (смотровые и для санитарной обработки рожениц и беременных) следует оборудовать общими для физиологического отделения и отделения патологии беременности и отдельно — для наблюдательного, гинекологического отделений. Приемные отделения родильных домов (акушерских отделений) имеют в своем составе фильтр с выходом на два изолированных потока: в наблюдательное отделение и отдельно в акушерское физиологическое с отделением патологии беременности. При этом на каждый поток предусматривают смотровую с гинекологическим креслом и помещение для санитарной обработки. Пути движения больных всех отделений, в том числе лестницы и лифты, должны быть изолированы друг от друга.

При приемных отделениях больниц, родильных домов, других стационаров можно организовывать специализированные боксы (рентгеновский, операционный, реанимационный, родильный).

Для оказания экстренной круглосуточной травматологической помощи в больницах, имеющих в своем составе ортопедотравматологические отделения, организуют травмпункты. Их необходимо располагать на первых этажах.

Больные поступают в приемное отделение такими путями:

- планово (по направлениям поликлиники в определенное время);
- по "скорой медицинской помощи" (ургентных больных доставляют машинами "скорой медицинской помощи");
- самостоятельно (без направления лечебных заведений, по собственной инициативе). Такие больные нуждаются преимущественно в амбулаторной помощи или медицинской консультации.

Состав, размер и расположение помещений приемных отделений определяют согласно ДБН В. 1.2-10-2001 "Учреждения здравоохранения".

Работа приемного отделения связана с подъездом санитарных машин, поэтому не допускается его расположение под окнами палатных отделений.

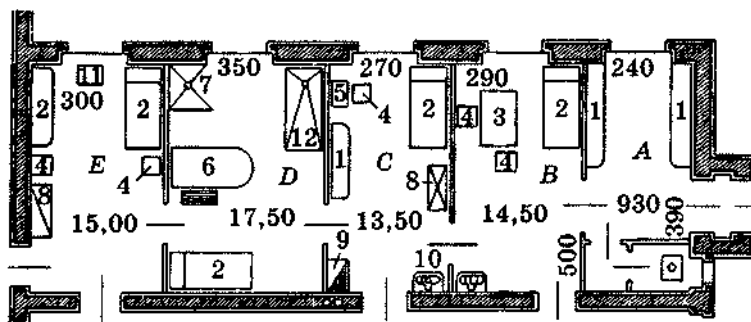


Рис. 127. Санпропускник приемного отделения больницы:

Л — ожидальня; *В* — смотровая; *С* — раздевальня; *Д* — ванная; *Е* — одевальня; 1 — скамья; 2 — кушетка; 3 — стол; 4 — табуретка; 5 — парикмахерский столик; 6 — ванна; 7 — душевая кабина; 8 — камин для сжигания волос; 9 — шкаф; 10 — умывальник; 11 — столик; 12 — скамья и душ

Основные помещения приемного отделения — это смотровая комната и помещения для санитарной обработки (рис. 127). Смотровая комната предназначена для осмотра, обследования больных и установления предварительного диагноза, а при необходимости — и оказания медицинской помощи. Смотровую комнату необходимо оборудовать у входа в приемное отделение, желательно рядом с санпропускником. Размеры ее должны обеспечивать свободный проезд каталки.

Санитарный пропускник предназначен для гигиенической обработки больных, направляемых в палатные отделения, приема личных вещей и выдачи больничной одежды. Количество санитарных пропускников должно отвечать количеству потоков больных.

Кроме этих помещений, в состав приемного отделения входят вестибюль, регистратура, кабинет дежурного врача, уборные для персонала и больных, помещения для хранения одежды больных, каталок, уборочного инвентаря и др. Планировать приемное отделение необходимо так, чтобы избежать перекрестного заражения больных, т. е. потоки госпитализируемых и выписываемых больных не должны встречаться.

Гигиенические требования к внутренней планировке палатных отделений для соматических больных

Палатное отделение — основной функциональный элемент стационара. Здесь осуществляют диагностику заболеваний, лечение, надзор и уход за больными. Чаще всего палатное отделение имеет 60 коек (рис. 128). В отдельных случаях их количество увеличивают до 90—120 или уменьшают до 15—24 коек. При вместимости свыше 30 коек палатное отделение состоит из палатных секций, общих помещений и специализированных кабинетов.

Палатная секция — это основная архитектурно-планировочная и функциональная единица стационара, изолированный комплекс палат и лечебно-

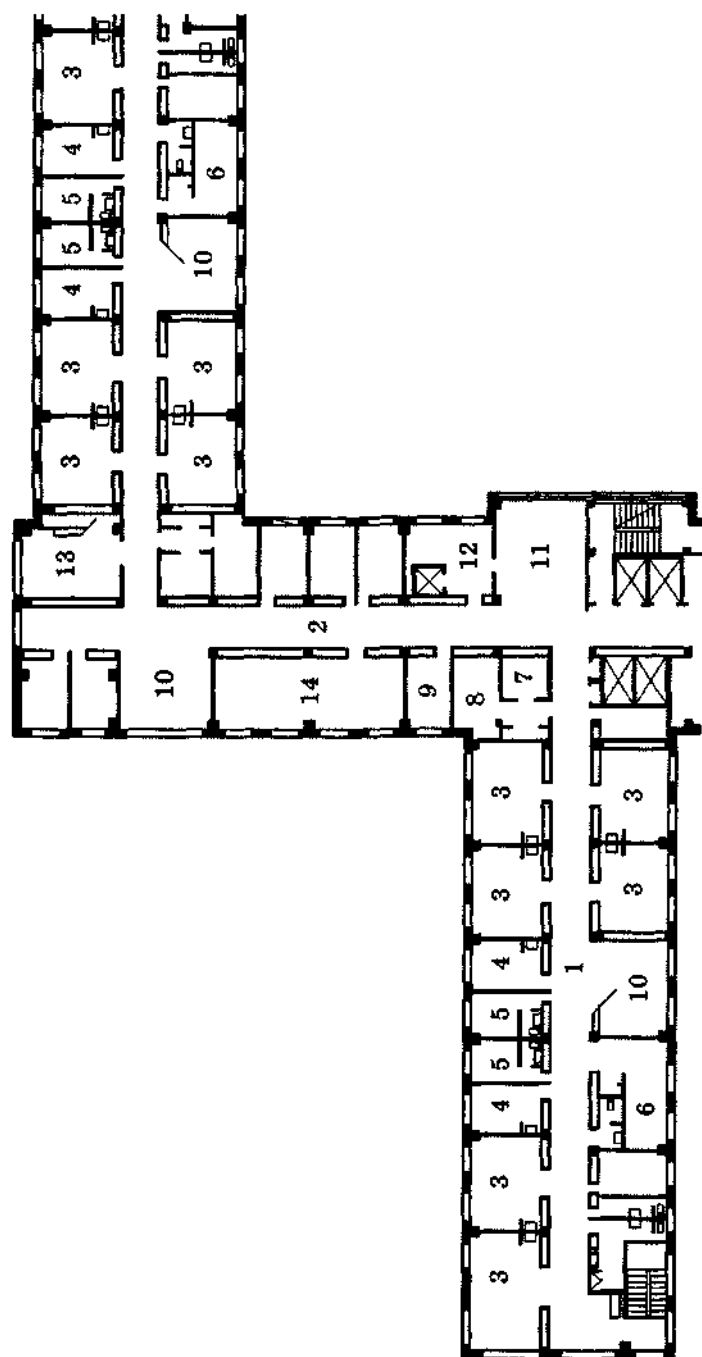


Рис. 128. План типового отделения на 60 коек:

1 — палатная секция на 30 коек; 2 — общие помещения для отделения; 3 — палата на 4 койки; 4 — палата на 2 койки; 5 — палата на 1 койку; 6 — процедурная; 7 — клизменная; 8 — ванная комната; 9 — кабинет врача; 10 — помещения для дневного пребывания больных; 11 — столовая; 12 — буфетная; 13 — палата интенсивной терапии; 14 — помещения для кондиционеров

вспомогательных помещений, предназначенных для больных с одготипными заболеваниями. Количество коек в палатной секции должно быть не менее 20 и не более 30 (кроме психиатрических). Стандартная палатная секция для взрослых рассчитана на 30 коек. В каждой палатной секции должно быть 60% палат на 4 койки и по 20% — на 1 и 2 койки. Для секции на 30 коек должно быть: 6 палат на 4 койки, 2 — на 2 койки и 2 — на 1 койку. Кроме палат, в состав палатной секции входят такие лечебные и вспомогательные помещения, как кабинет для врачей, процедурная, помещения для дневного пребывания больных, буфетная со столовой (посадочных мест не менее 50% от количества больных), клизменная, кладовые (для инвентаря, аппаратуры, чистого и грязного белья), санитарный узел (туалеты, ваннные комнаты, умывальные и пр.). Количество санитарных приборов для больных в стационарах рассчитывают так: один прибор на 15 человек в мужских туалетах и на 10 человек в женских, кроме отделений с палатами, имеющими приближенные санитарные узлы.

Главной задачей во время проектирования палатных секций является обеспечение гигиенического комфорта и удобства обслуживания. Поэтому палаты следует располагать компактно, помещения для обслуживания — обособлено, посты дежурных медицинских сестер — в центре секции, санитарные узлы выносить на периферию палатных секций.

По архитектурно-планировочным решениям палатные секции могут быть проходными и непроходными. Хуже, конечно, проходная секция, поскольку там значительно выше бактериальное загрязнение и на 4—5 дБ выше уровень шума.

Очень важным гигиеническим показателем палатной секции является отношение площади вспомогательных помещений к площади палат. Где будет лучше больному? Разумеется, там, где их больше, там и будет лучше обслуживание. Поэтому это отношение должно быть не менее 1. В старых больницах площадь палат занимает до 60%, то есть 0,6.

Пути движения больных и медицинского персонала должны быть максимально короткими и не пересекаться.

Есть разные варианты компоновки отделений и внутренней планировки палатных секций. Преимущество следует отдать тем вариантам, где в большей мере реализован принцип четкого разграничения палат и технико-технологических помещений, где созданы оптимальные условия быта и лечебно-охранительный режим.

Наиболее распространенный вариант внутренней планировки отделения — коридорная система с одно- или двухсторонней застройкой. Все гигиенические преимущества имеет удобный для передвижения, светлый и хорошо вентилированный *коридор* с односторонней застройкой. Он является резервуаром чистого воздуха для палат, благодаря ему осуществляется сквозное проветривание палат. Но при односторонней застройке коридора секция, а следовательно, и отделение, растягиваются в длину, что усложняет обслуживание больных. Разрешено застраивать вторую сторону коридора, но не более чем на 60% от его длины. Расстояние между световыми "карманами" должно быть не более 24 м, а между световым "карманом" и окном в торце коридора — 36 м. Ширина

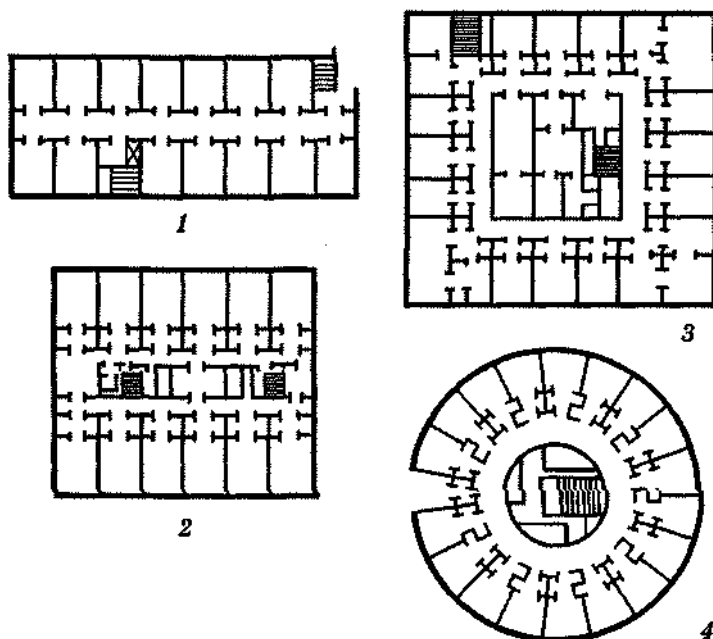


Рис. 129. Схемы вариантов планировочных решений палатных отделений:

/ — однокоридорная застройка; 2 — двухкоридорная застройка; 3 — периметральная квадратная; 4 — периметральная круглая

светового "кармана" должна быть не меньше половины его глубины, без учета ширины прилегающего коридора. Если освещается коридор с торца, его длина не должна превышать 24 м, а с двух торцов — 48 м. Ширина коридора — не менее 2,4 м, что обеспечивает свободное перемещение и развороты носилок и каталок для больных.

Желание достичь компактного расположения помещений палатной секции, сокращение путей движения больных и персонала способствовало появлению принципиально новых решений внутренней планировки палатных отделений и секций. Это способствовало разработке и практической реализации так называемой двухкоридорной и периметральной систем застройки (рис. 129). Каждая из них имеет преимущества и недостатки. При двухкоридорной, периметральной системах палаты и некоторые вспомогательные помещения имеют естественное освещение, а санитарные узлы, расположенные между двумя коридорами, — только искусственное. Главным критерием, влияющим на внутреннюю планировку отделения, является расстояние от поста дежурной медицинской сестры до дверей наиболее отдаленной палаты (не более 15 м).

Санитарным законодательством запрещено изменять внутреннюю планировку помещений отделения, ставить койки в коридорах или других помещениях, а также использовать помещения не по прямому назначению.

Палаты. Свыше 90% времени пребывания больного в стационаре приходится на палату и рекреационные помещения. Поэтому в больнице не может

ТАБЛИЦА 125

Минимальная площадь на 1 койку в палатах на 2 койки и более

Отделения	Площадь на 1 койку, м ² (не менее)
Инфекционные и туберкулезные для взрослых	7,5
Инфекционные и туберкулезные для детей	6,5
Ортопедо-травматологические, нейрохирургические, ожоговые, радиологические	10
Интенсивной терапии, послеоперационные	13
Детские неинфекционные	6
Психоневрологические и наркологические общего типа	6
Неинфекционные для взрослых	7
В палатах дневных стационаров:	
для детей	4,5
для взрослых	6
Для новорожденных, недоношенных и детей в возрасте до 1 года	3*

* При общем круглосуточном пребывании матерей с детьми (кроме родильных домов, отделений) на мать прибавляют 6 м² площади.

быть более важного помещения, чем палата. Для большинства больных — это место для приема посетителей, столовая, библиотека, ванная комната. Поэтому гигиенические требования к ее содержанию должны быть высокими. Комфортные бытовые, щадящие морально-психологические условия, адекватный интерьер, надлежащий гигиенический и противоэпидемический режим — вот факторы, от которых в значительной мере зависит эффективность лечения.

Поскольку больной в основном пребывает в палате, то прежде всего нужно охарактеризовать гигиенические требования к этому помещению:

1. Палата должна иметь достаточную площадь, которая бы обеспечила надлежащий объем вентиляции и расстановку мебели. Согласно нормативным документам, принимают следующие площади палат. Минимальная площадь палаты на 1 койку без шлюза должна быть не менее 9 м², со шлюзом — 12 м², со шлюзом и туалетом — 14 м², со шлюзом, туалетом и душевой — 16 м², бокса и полубокса — 22 м². На 2 койки и более площадь определяют в соответствии с табл. 125, бокса и полубокса на 2 койки — 27 м².

2. Чрезвычайно важным гигиеническим показателем является количество коек в палате и их расположение. Санитарными нормами принят оптимальный вариант — 4. Это подтверждается психологическими исследованиями. Когда больных спросили, в каких палатах им лучше, то 60% больных ответили, что в 4-местных, до 15% — в 2—3-местных и лишь 5% — в 1-местных. Это имеет под собой психологическое основание. Четыре человека — это уже коллектив, где нивелируются крайности, с которыми человек сталкивается в быту. И в гигиеническом, и в техническом отношении такое количество коек для большинства палат неинфекционного профиля является оптимальным. В таких палатах можно удачно расположить койки (параллельно светонесущей стене). Это облегчает осмотр больных врачом, проведение разных медицинских манипуляций,

замену постельного белья, обеспечивает приблизительно одинаковые условия инсоляции (рис. 130).

Параллельное расположение коек имеет большое психологическое значение: больной может повернуться к соседям, посмотреть в окно. Расстояние между длинными сторонами коек, расположенных рядом, должно быть не менее 0,8 м, между торцами в палате на 4 койки, а также между торцами кроватей и стеной в палатах на 2 и 3 койки — не менее 1,3 м. Расстояние от коек до стены с окнами должно быть не менее 0,9 м.

Минимальная высота палаты должна составлять не менее 3 м, глубина (расстояние от светонесущей стены к противоположной) — не более 6 м, минимальная ширина палаты на 1 койку — не менее 2,9 м, отношение глубины к ширине палаты должно быть не более 2. В противном случае условия естественного освещения и вентиляции будут неблагоприятными.

Большое гигиеническое значение имеет цвет стен палаты. До недавних пор существовало понятие, что в больнице все должно быть белым. Но с позиций элементарной гигиены и физиологического восприятия белый цвет не является наилучшим. Опрос больных показал, что большинство из них отдадут предпочтение салатовому или светло-желтому цвету. Зрительный анализатор лучше воспринимает часть спектра с длиной волны 550—560 нм, а эта длина волны как раз и соответствует зеленым и зеленоватым тонам. Другие считают, что оптимально красить стены в теплые тона. Потолок покрывают известью или водоземulsionной краской.

Основными гигиеническими факторами, формирующими условия пребывания больных в палате, являются микроклимат, качество воздуха, освещение и инсоляция, уровни внутрибольничного и уличного шумов. Гигиенические требования к микроклимату и качеству воздуха палат детально описаны в разделе о санитарно-техническом оборудовании (с. 690).

Учитывая биологическое, психофизиологическое, тепловое и бактерицидное действие солнечного излучения, необходимо обеспечить достаточную инсоляцию и уровень естественного освещения палат. Облучение ультрафиолетовыми лучами повышает иммунобиологическую реактивность организма, ускоряет процессы заживления ран, сокращает продолжительность послеоперационного периода.

Проведенные в больницах исследования показали, что ультрафиолетовые лучи, проникающие в палату сквозь оконное стекло в течение 2—3 ч, значительно снижают жизнедеятельность микроорганизмов, содержащихся в воздухе, на полу или мебели.

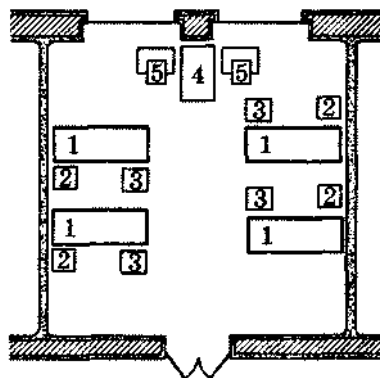


Рис. 130. Вариант планировки и оборудования палаты на 4 койки для взрослых:

1 — кровать; 2 — прикроватная тумбочка; 3 — стул; 4 — стол; 5 — кресло

ТАБЛИЦА 126

Ориентация окон основных помещений больницы

Помещения	Географические широты		
	Южнее 45° с. ш.	45—55° с. ш.	Севернее 55° с. ш.
Палаты для больных	Юг, юго-восток, восток, север, северо-восток, восток, северо-запад	Юг, юго-восток, восток, северо-восток*, северо-запад*	Юг, юго-восток, восток, северо-восток*, северо-запад*
Операционные, перевязочные, родильные, реанимационные	Север, северо-восток, северо-запад	Север, северо-восток, северо-запад	Север, северо-восток, северо-запад

* Допускается ориентация окон палат, но не более 10% от общего количества коек в отделении.

ТАБЛИЦА 127

Нормы уровня освещенности основных помещений больницы, лк

Помещения	Освещенность*	Поверхность, для которой нормируется освещенность
Операционные	400	Горизонтальная, на высоте 0,8 м от пола
Родильные, наркозные, перевязочные	500	„
Кабинеты врачей	300	„
Палаты детских отделений	150	„
Другие палаты	100	„

* Нормы приведены для люминесцентных ламп. Для ламп накаливания они вдвое меньше.

Кроме того, солнечные лучи поднимают настроение больных, улучшают их состояние и самочувствие.

К показателям, характеризующим освещение, принадлежат: продолжительность непрерывной инсоляции, ориентация окон, световой коэффициент, КЕО, уровень освещенности. Оптимальной является ориентация палат на южные и восточные румбы (табл. 126). Продолжительность непрерывной инсоляции должна быть не менее 3 ч/сут в период 22 марта — 22 сентября, световой коэффициент — 1:5—1:6, КЕО — не менее 1,0%.

Искусственное освещение палаты должно способствовать созданию психофизиологического комфорта для больных и оптимальных условий для работы медицинского персонала. В табл. 127 приведены минимальные нормативные уровни искусственного общего освещения разных помещений больницы.

Кроме общего освещения, над каждой койкой на высоте 1,7 м от уровня пола оборудуют настенные светильники (местное освещение). Они должны освещать верхнюю и нижнюю полусферы. Верхний поток, отражаясь от потолка, освещает палату рассеянными лучами. Нижний должен создавать такой уровень освещенности, чтобы можно было читать, выполнять простые медицинские процедуры (150—300 лк). Во всех палатах оборудуют дежурное ночное освещение.

Внутренняя планировка инфекционного отделения

Инфекционных больных госпитализируют в инфекционное отделение не только для лечения, но и для изоляции. Поэтому инфекционное отделение всегда располагается в отдельном здании. Внутренняя планировка и санитарный режим этого отделения в целях предупреждения ВБИ имеют ряд особенностей.

Инфекционные больные поступают в приемно-смотровой бокс. После термометрии и осмотра больной проходит санитарную обработку, а его одежду направляют на дезинфекцию.

Инфекционное отделение должно иметь два входа: один — для больных, другой — для медицинского персонала, доставки пищи и чистого белья. Внутренняя планировка инфекционного отделения должна предусматривать разделение его на несколько самостоятельных секций для пациентов с разными болезнями. Каждая секция должна иметь свой шлюз, чтобы предотвратить перенос воздушно-капельной инфекции. Для большей надежности шлюз может быть оборудован бактерицидной лампой из расчета 4—5 Вт на 1 м². В каждой секции оборудуют отдельный санитарный узел.

Из-за специфичности контингента больных и для обеспечения максимальной внутренней изоляции в инфекционных отделениях большинство больных располагают в боксах (рис. 131) и полубоксах (рис. 132). Для этого в боксах детских инфекционных отделений выделяют 50% коек, полубоксах — 25%, в палатах на 2 койки — 25%. В инфекционных отделениях для взрослых до 100 коек оборудуют 20 индивидуальных и 5 двухместных боксов, а на 30 коек — 3 индивидуальных и 1 двухместный бокс.

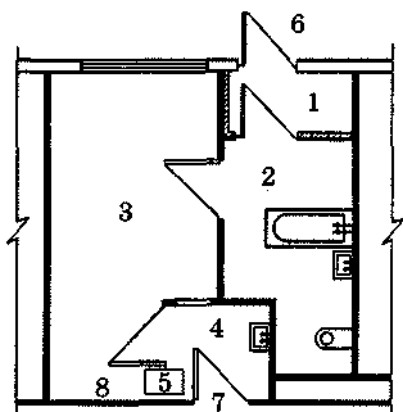


Рис. 131. План бокса:

1 — тамбур на входе; 2 — санитарный узел;
3 — палата; 4 — шлюз на входе из отделения;
5 — окно для передачи пищи; 6 — вход с улицы;
7 — вход из коридора отделения;
8 — смотровое окно

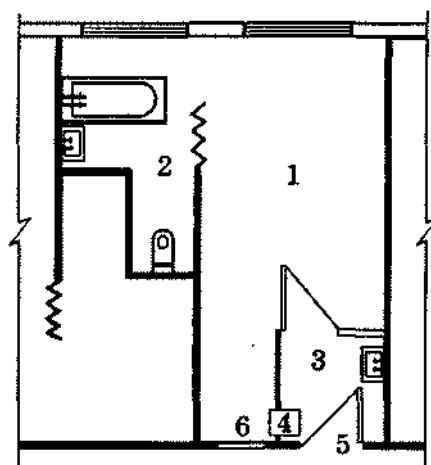


Рис. 132. План полубокса:

1 — палата; 2 — санитарный узел; 3 — шлюз на входе из отделения;
4 — окно для передачи пищи; 5 — вход из отделения; 6 — смотровое окно

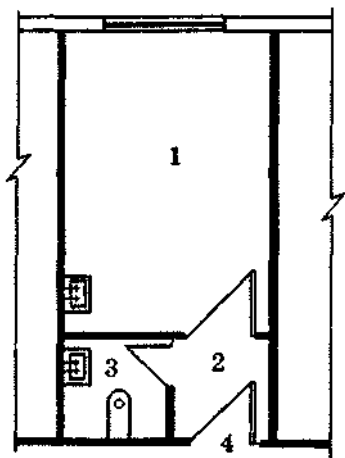


Рис. 133. План палаты со шлюзом:
1 — палата; 2 — шлюз; 3 — санитарный узел; 4 — вход из коридора отделения

Полный бокс, гарантирующий от внутрибольничного заражения, предложил петербургский инженер Е.Ф. Мельцер, поэтому его еще называют мельцеровским. В состав бокса входят: тамбур с выходом на улицу, через который госпитализируют и выписывают больного; санитарный узел; палата и шлюз при входе из палатного коридора. Площадь бокса на 1 койку должна быть не менее 22 м^2 , на 2 койки — 27 м^2 . Вход медицинского персонала из условно "чистого" коридора в бокс предусмотрен через шлюз, где меняют спецодежду, моют и дезинфицируют руки. Поэтому шлюз оборудуют рукомойником и вешалкой для халатов. В шлюзе должно быть окно для передачи пищи больному. В санитарном узле должны быть ванна, рукомойник и унитаз. В стене, изолирующей бокс от коридора отделения, делают окно для наблюдения за больным. Больных направляют в бокс только

после тщательной влажной его дезинфекции.

Полубокс также предназначен для индивидуальной госпитализации больного, но от бокса он отличается тем, что не имеет входа с улицы. Поэтому больные поступают в полубокс из общего коридора отделения через санитарный пропускник. При этом возможно обсеменение воздуха коридора патогенной микрофлорой, которая отсюда может проникнуть в палаты. Полубоксы также проектируются на 1—2 койки.

Следует помнить, что при открывании дверей бокса и полубокса, которые ведут в коридор отделения, загрязненный воздух может проникнуть в коридор, а также другие помещения. Поэтому двери нужно плотно прикрывать и если одни двери открыты, то другие должны быть закрытыми.

Боксированные палаты (1-, 2-местные и максимум — 4-местные) отличаются от полубоксов тем, что они не имеют ванны, а также входом в санитарный узел из шлюза (рис. 133).

Во всех палатах должен быть водопроводный кран с умывальником.

В детских инфекционных больницах для предупреждения воздушно-капельных инфекций используют боксированные палаты. Их создают, устанавливая между койками деревянные, металлические, стеклянные (стационарные или передвижные) перегородки высотой 2—2,5 м. В таких палатах находятся больные с одним профилем заболеваний. Возле входа в палату оборудуют шлюз. Использование боксированных палат ограничено, так как они не предотвращают распространение воздушно-капельных инфекций.

Операционный блок. Операционный блок — структурное подразделение больницы, состоящее из операционных и комплекса вспомогательных помещений. Предназначен он для проведения хирургических вмешательств. Такое объединение операционных дает возможность эффективно использовать опе-

рационный комплекс для обслуживания нескольких отделений, свободно манипулировать отдельными операционными, вспомогательными помещениями, оснастить комплекс современной аппаратурой.

Операционные блоки оборудуют в отдельном здании или пристройке, соединенными со стационаром крытыми переходами или коридорами. Наиболее рациональным является расположение операционного блока в составе отдельного лечебно-диагностического корпуса, непосредственно прилегающего к палатному корпусу и максимально отдаленного от вертикальных коммуникаций (технических шахт, лифтов, мусоропроводов). Окна операционных ориентируют на северные румбы.

Операционные блоки разделяют на общепрофильные и специализированные (травматологические, кардиохирургические, ожоговые, нейрохирургические и др.). В состав помещений как общепрофильных, так и специализированных операционных блоков входят два изолированных тупиковых отделения — септическое и асептическое (операционные со вспомогательными и служебными помещениями). При расположении операционных на разных этажах септические операционные оборудуют над асептическими.

В центральных районных и межрайонных больницах в сельской местности нормами предусмотрена 1 операционная на 30 коек в отделениях хирургического профиля, в больницах "Скорой медицинской помощи" — на 25 коек. Соотношение септических и асептических операционных в операционных блоках общепрофильных больниц должно быть 1:3, но не менее 1 септической операционной на операционный блок. При количестве операций свыше 6 рекомендуется разворачивать диспетчерский пост.

Минимальная площадь операционной общехирургического профиля должна быть не менее 36 м². Площадь операционной для проведения сложных операций на сердце, сосудах, трансплантации органов должна быть не менее 48 м². Операционные проектируют на 1 операционный стол. Количество операционных столов и тип операционной в специализированном операционном блоке зависят от типа и мощности структурных подразделений больницы.

Стены операционной должны быть гладкими, чтобы их было легко мыть, орошать дезинфекционными растворами. Для этого их покрывают матовой масляно-восковой краской ярко-серого или зеленовато-серого цвета, которая не дает световых отблесков и благоприятно действует на функцию зрительного анализатора хирурга. Их разрешено облицовывать глазурованным кафелем или другими влагостойкими материалами на полную высоту. Поверхность потолка в операционной должна быть матовой, ее покрывают масляной краской. Покрывать пол следует водонепроницаемыми легкоочищаемыми материалами, которые можно часто мыть дезинфекционными растворами, они удобны для транспортирования больных, материалов и оборудования. Пол в операционных, наркозных должен быть безыскровым, антистатическим.

Послеоперационные палаты располагают в изолированном отсеке при операционном блоке или в составе отделения анестезиологии и реанимации, или изолированно в составе палатного хирургического отделения.

Для обеспечения свободной транспортировки больных на каталках ширина дверных проемов должна быть не менее 1,1 м, ширина коридора — 2,8 м.

Каждый операционный блок должен иметь самостоятельную линию электрообеспечения. Электромедицинскую аппаратуру выбирают по 01-м и 1-м классам электробезопасности.

Для планировки операционного блока принципиальное значение имеют функциональные зоны, которые отличаются требованиями к соблюдению режима стерильности и характером медицинских манипуляций. Выделяют следующие функциональные зоны операционного блока: 1) стерильную (помещение операционных); 2) строгого режима (группа помещений для подготовки медицинского персонала и больного к операции, т. е. предоперационные, наркозные, аппаратные, послеоперационные палаты и вспомогательные помещения); 3) ограниченного режима (помещения для диагностических исследований, стерилизационная, инструментально-материальная, кабинеты хирургов и др.); 4) общебольничного режима.

Операционный блок имеет 2 входа: для персонала — через санпропускник и для больных — через шлюз. Потоки должны быть разделенными на "стерильный" (вход для хирургов, операционных сестер) и "чистый" (для доставки больного, передвижения анестезиологов, младшего и технического персонала). Они не должны пересекаться.

Санитарно-техническое оборудование больницы

Особенности водоснабжения и канализования — см. разделы I и II.

Особенности отопления. Создание оптимальных параметров микроклимата в больничных помещениях обеспечивается главным образом рациональным отоплением. Микроклимат закрытых помещений — это тепловое состояние среды, обусловленное теплоощущением человека, и зависящее от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также от температуры окружающих человека поверхностей. *!!

Компенсаторные механизмы больного часто нарушены, границы возможностей приспособления невелики, поэтому напряжение терморегуляторных процессов нежелательно, например для пациентов с сердечно-сосудистыми болезнями. В основном оптимальный микроклимат улучшает течение болезни. Для большинства больных температура комфорта зимой составляет 20—22 °С. Но есть люди, для которых температура комфорта другая, например, для больных лobarной пневмонией она составляет 15—16 °С, с тяжелыми ожогами — 25—27 °С. В табл. 128 приведены расчетные температуры воздуха для помещений больницы разного назначения.

Нормативы микроклимата должны учитывать особенности теплового состояния больных, его возраст, характер и стадию патологического процесса, а также сезон года и период суток.

Кроме того, нормативы температуры должны быть дифференцированы в зависимости от времени суток. Для их обеспечения следует предусмотреть

Расчетные значения температуры воздуха и кратности его обмена в основных помещениях больницы

Палаты	Температура, °С	Кратность воздухообмена в 1 ч	
		Приток	Вытяжка
Палаты для взрослых больных, помещения для матерей в детских отделениях, для гипотермии, палаты для больных туберкулезом	20	80 м ³ на 1 койку	
Палаты для больных гипотиреозом	24	— " —	
Палаты для больных тиреотоксикозом	15	"	
Послеродовые палаты	22	"	
Палаты на 2—4 койки для больных с ожогами, палаты для детей	22	"	
Палаты для недоношенных, травмированных, грудного возраста и новорожденных детей	25	"	
Боксы, полубоксы, фильтры-боксы, предбоксы	22	2,5**	2,5
Палатные секции инфекционного отделения	20	80 м ³ на 1 койку	
Послеоперационные палаты, реанимационные залы, палаты интенсивной терапии, родильные, операционные, наркозные, палаты на 1—2 койки для больных с ожогами	22	По расчету, но не менее десятикратного обмена *	

* Предусматривается подача стерильного воздуха.

** Подача воздуха с коридора.

программный отпуск тепла со снижением теплоотдачи ночью (О.А. Мухин, 1983). Для этого на нагревательных приборах должны быть приспособления для свободного регулирования температуры теплоносителя.

Перепады температуры по вертикали не должны превышать 3 °С, по горизонтали — 2 °С, между температурой внутренней поверхности наружных стен и воздуха — не более 3 °С. Суточные перепады температуры воздуха при центральном отоплении не должны превышать 3 °С. Скорость движения воздуха должна быть не больше 0,25 м/с, относительная влажность — 30—65%. Такие нормативные параметры обеспечиваются при помощи систем центрального отопления.

Летом оптимальные параметры микроклимата обеспечиваются кондиционированием воздуха (табл. 129). В отдельных палатах можно регулировать микроклимат в соответствии с медицинскими показаниями с помощью местных кондиционеров (климатизеров).

Для отопления помещений используют как конвективные, так и лучистые системы (водяная, панельная). Для помещений больниц оптимальной является лучистая система. Почему? Вспомните, какими путями выделяется тепло из организма человека: теплопроводимость, конвекция (до 30%), излучение (до 47%), испарение (20%). Некоторая часть тепла выделяется с выдыхаемым человеком воздухом и с его выделениями (моча, кал). Наиболее физиологическим

Расчетные параметры кондиционированного воздуха

Помещение	Расчетная температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с	Кратность воздухообмена в 1 ч
Операционные	23	55—60	0,15	Не менее 10
Наркозные, родильные, послеоперационные палаты, реанимационные залы, палаты интенсивной терапии, 1—2-местные палаты для больных с ожогами, палаты для детей грудного возраста, новорожденных, недоношенных, травмированных детей	25	55—60	0,15	Не менее 80 м ³ на 1 койку
Палаты соматического и хирургического профиля для взрослых и детей	26	35—55	0,2	То же

путем теплоотдачи является путь, к которому человек привык в процессе развития, т. е. через кожу (конвекция). Однако известно, что он не имеет первоочередного значения. При помощи излучения мы теряем значительно больше тепла. Поэтому желательно уменьшить отдачу тепла излучением и увеличить конвекцию, а для этого нужно создать определенные условия, т. е. повысить температуру ограждающих конструкций. Этого достигают водяными системами отопления с вмонтированными в стены, пол или потолок нагревательными элементами. Нормативными документами разрешено также водяное отопление с радиаторами и конвекторами. При этом нагревательные приборы должны иметь гладкую поверхность, чтобы их легче было очищать.

Теплоносителем систем центрального водяного отопления больниц (кроме психиатрических и наркологических), диспансеров со стационаром и родильных домов является вода температуры до 85 °С, для психиатрических и наркологических больниц — не более 95 °С.

Использование других жидкостей и растворов в качестве теплоносителя в открытых системах отопления лечебных учреждений запрещено.

Не допускается расположение нагревательных приборов возле внутренних стен, они должны быть под окнами.

Отопительные панели необходимо оборудовать в следующих помещениях: операционных, предоперационных, реанимационных залах, наркозных, родильных, в палатах интенсивной терапии, в стерильных ожоговых палатах, палатах для недоношенных и травмированных детей, в помещениях для заготовки и консервирования крови, приготовления лекарств в асептических условиях, а также в помещениях психиатрических отделений, светолечения и пр., к которым предъявляются требования по обеспечению асептических условий.

Существуют 2 вида введения тепла: от независимых источников (индивидуальная котельная) и закольцованных тепловых сетей населенного пункта. Стационары относятся к I категории надежности теплоснабжения.

Особенности вентиляции. Основная задача вентиляции — обеспечить наиболее низкие уровни бактериального, химического загрязнения и запыленности

Бактериологические показатели чистоты воздуха в палатах (на 1 м³)

Степень чистоты воздуха	Летний режим			Зимний режим		
	Микробное число	Гемо-литический стафи-кокк	Зеленящий и гемоли-ческий ста-филококк	Микробное число	Гемо-литический стафи-кокк	Зеленящий и гемоли-ческий ста-филококк
Чистый	<3500	<24	< 16	<5000	<52	<36
Слабо загряз-ненный	3500—5000	24—52	16—36	5000—7000	52—124	36—102
Загрязненный	>5000	>52	>36	>7000	> 124	> 102

воздуха больничных помещений. Нормативы бактериального загрязнения палат приведены в табл. 130.

В больницах следует предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию с механическим побуждением или смешанную (естественную вытяжную вентиляцию и механическую приточную), которая обеспечивает воздушно-тепловой баланс помещений и отделений.

Организация вентиляции не должна допускать перетекания воздушных масс из "грязных зон" (помещений) в "чистые". Можно прокладывать воздуховоды с вертикальными коллекторами в помещениях с одинаковыми санитарно-гигиеническими требованиями. При этом воздуховоды систем вентиляции (кондиционирования) после бактериологических фильтров необходимо изготавливать из нержавеющей стали.

В отделениях с естественной вытяжной вентиляцией воздух следует подавать в коридоры, шлюзы, которые отделяют палатные секции и отделения от лифтовых холлов. При этом температура воздуха в коридорах должна быть такой, как в самом чистом помещении (для предотвращения перетекания воздуха за счет разницы гравитационных сил).

Во всех помещениях стационаров, кроме операционных, наряду с приточно-вытяжной вентиляцией с механическим побуждением оборудуют и естественную вентиляцию посредством форточек, откидных фрамуг и других приспособлений, которые должны иметь устройства для открывания. Объем приточного воздуха в палату должен составлять не менее 80 м³/ч на 1 взрослого и 1 ребенка. Проветривают палаты не реже 4 раз в сутки.

Воздухообмен в палатах, отделениях следует осуществлять так, чтобы максимально ограничить перетоки воздуха между палатными отделениями, палатами, соседними этажами. Поэтому в коридорах палатных отделений необходимо оборудовать приточную вентиляцию с кратностью 0,5 объема коридора. > Вход в отделение оборудуют шлюзом с вытяжной вентиляцией. Вытяжная вентиляция из палат осуществляется при помощи индивидуальных каналов, чтобы воздух по вертикали не поступал в другие помещения.

В инфекционных больницах (отделениях) для каждого этажа, палатной секции и других прилегающих помещений воздух следует подавать самостоятельными системами приточной вентиляции с механическим побуждением.

ТАБЛИЦА 131

Зависимость гнойно-воспалительных осложнений от кратности воздухообмена (Э.Б. Боровик, 1982)

Кратность воздухообмена	Осложнения, %
1—2	20
10	8—10
20	5—6
30	2—3
500—600 при 100% очистке воздуха от пыли и бактерий	0,7—0,8

Если секции состоят из боксов и полубоксов, приточный воздух должен подаваться лишь в коридоры. В отделении однотипных инфекций, состоящих из нескольких секций, допускается наличие одной приточной установки. От каждого бокса, полубокса и палаты следует оборудовать вытяжную вентиляцию самостоятельными каналами и шахтами с гравитационным побуждением и дефлектором.

Для профилактики послеоперационных осложнений имеет большое значение

эффективная вентиляция операционных (табл. 131).

Для предотвращения переноса инфекций из палатных отделений в операционный блок и другие помещения, где необходима особая чистота воздуха, следует оборудовать перед ними шлюз с подпором воздуха. Движение воздушных потоков должно направляться из операционных в смежные помещения (предоперационные, наркозные и др.), а из них — в коридор, поэтому приток должен не менее чем на 20% преобладать над вытяжкой. В коридорах оборудуют вытяжную вентиляцию. В операционных и перевязочных устанавливают кондиционеры. Воздух из системы кондиционирования подается в верхнюю зону помещения (не ниже 2,5 м от пола), а вытяжка — из двух зон: верхней (40%) и нижней (0,4 м от пола — 60%). Воздух, подающийся в операционную, должен очищаться по двухступенчатой системе (грубая и тонкая очистка). Не допускается установка масляных фильтров на I ступени очистки воздуха. Фильтры следует ежемесячно осматривать, очищать и заменять.

Требования к микробной обсемененности воздуха операционных приведены в табл. 132.

Кондиционирование воздуха — вид вентиляции, обеспечивающий не только постоянную замену воздуха, но и автоматически поддерживающий такие параметры, как температура, влажность, скорость движения, ионизация воздуха. Поэтому системы кондиционирования воздуха иногда называют установками искусственного климата.

Кондиционирование воздуха является обязательным в операционных, наркозных, предоперационных, родильных, послеоперационных палатах, реанимационных залах, палатах интенсивной терапии, в 1—2-местных палатах для больных с ожогами, в палатах для детей грудного возраста, новорожденных, недоношенных и травмированных детей, в залах барокамер. Гигиенические требования к параметрам воздуха в этих помещениях приведены в табл. 129.

Наружный воздух для систем вентиляции и кондиционирования забирают из чистой зоны на высоте не менее 1 м от поверхности земли. Наружный воздух, подаваемый системами приточной вентиляции, необходимо очищать фильтрами.

Критерии оценки микробного загрязнения воздуха

Место отбора проб	Срок работы	Количество КОЕ в 1 м ³ воздуха (допустимая)	Количество золотистого стафилококка в 1 м ³ (допустимая)
<i>Для акушерских стационаров (приказ № 59 МЗ Украины)</i>			
Комната пастеризации грудного молока	Во время работы	Не более 1000	Не > 4
Операционные	До начала работы	Не более 500	0
	Во время работы	Не более 1000	Не более 4
Палаты интенсивной терапии	До начала работы	Не более 500	0
	Во время работы	Не более 750	0
Детские палаты	Подготовленные к приему	Не более 500	0
	Во время работы	Не более 750	Не > 4
<i>Для хирургических стационаров (приказ № 720 МЗ Украины)</i>			
Операционные	До начала работы	Не более 500	0*
	Во время работы	Не более 1000	0*
Перевязочные	Подготовленные	Не более 500	0
	Во время работы	Не более 2000	Не более 4
Манипуляционные	Подготовленные	Не более 1000	До 16
	Во время работы	Не более 2500	До 16
Больничные палаты			До 100"

* В 250 л воздуха.

** Гемолитический стрептококк.

Наружный воздух, подаваемый системами вентиляции и кондиционирования в операционные, наркозные, родильные, послеоперационные палаты, реанимационные залы, палаты интенсивной терапии, в 1—2-местные палаты для больных с ожогами, в палаты для детей грудного возраста, новорожденных, недоношенных травмированных детей, следует дополнительно очищать на аэрозольных (бактериальных) фильтрах.

Санитарная очистка больницы. В лечебно-профилактических учреждениях образуются отходы различного вида и разного количества в зависимости от их профиля и мощности. Среднесуточное накопление твердых отходов в больницах превышает 0,8—0,9 кг (2,5 л) на койку.

Все отходы больниц разделяются по степени их эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности на пять классов опасности: неопасные (класс А), опасные (класс Б), чрезвычайно опасные (класс В), по составу близкие к промышленным (класс Г) и радиоактивные отходы (класс Д).

К отходам, образующимся на территории лечебно-профилактического учреждения, в зависимости от их класса предъявляются различные требования по сбору, временному хранению, транспортировке и обезвреживанию. Смешение отходов различных классов на всех стадиях их сбора, хранения и транспортирования недопустимо. Поэтому в каждой больнице должна быть хорошо

продуманная и спланированная система сбора, временного хранения и обезвреживания твердых отходов.

К классу А относятся отходы, не имеющие контакта с биологическими жидкостями пациентов, инфекционными больными, нетоксичные отходы; пищевые отходы всех подразделений лечебно-профилактического учреждения кроме инфекционных (в том числе кожно-венерологических), фтизиатрических; мебель, инвентарь, неисправное диагностическое оборудование, не содержащие токсичных элементов; неинфицированная бумага, смет, строительный мусор и т.д.

Для текущего сбора этих отходов во всех помещениях больницы, где они образуются, должны быть установлены многоразовые емкости с крышками. Их очищают как минимум 2 раза в сутки. После опорожнения их промывают и дезинфицируют. Разрешается сбор этих отходов и в одноразовые пакеты.

Для сбора отходов на территории больницы возле входов в здания, в местах отдыха и по территории (через каждые 50 м) устанавливают урны, которые должны опорожняться ежедневно и содержаться в чистоте. Территория должна убираться ежедневно.

Для быстрой ликвидации отходов во многих больницах предусмотрена система мусоропроводов. Это шахта диаметром 0,5—0,7 м. Внизу в приемной части мусоропровода вместо приемной камеры для отходов (она должна быть герметичной) часто оборудуют мусоросжигательную печь. Такая система ликвидации отходов значительно облегчает работу санитарок, уменьшает нагрузку на лифты и позволяет содержать их в чистоте. Мусоропроводы сооружают вне палатных секций в так называемых нейтральных зонах, где все этажи объединяют лестницами и лифтовыми шахтами. Конструкция мусоропровода должна предусматривать специальное оборудование для систематического промывания, дезинфекции и вентиляции.

Класс Б — это потенциально инфицированные отходы. Сюда относятся материалы и инструменты, загрязненные выделениями, в том числе кровью; выделения пациентов; патологоанатомические отходы; органические операционные отходы (органы, ткани и т.п.); все отходы из инфекционных отделений (в том числе пищевые); отходы из микробиологических лабораторий, работающих с микроорганизмами 3—4-й групп патогенности; биологические отходы вивариев.

Все отходы этого класса опасности после дезинфекции собирают в одноразовую мягкую или твердую герметичную упаковку. Органические отходы, образующиеся в операционных, лабораториях, микробиологические культуры и штаммы, вакцины, вирусологически опасный материал, острый инструментарий (иглы, перья) после дезинфекции собирают в одноразовую твердую герметическую упаковку. Транспортирование всех видов отходов класса Б вне пределов медицинского подразделения осуществляют только в одноразовой упаковке после ее герметизации.

К отходам класса В относятся материалы, контактирующие с больными особо опасными инфекциями; отходы из лабораторий, работающих с микроорганизмами 1—4 групп патогенности; отходы фтизиатрических, микологичес-

ких больниц; отходы от пациентов с анаэробной инфекцией. Эти отходы подлежат дезинфекции в соответствии с действующими нормативными документами. Их сбор осуществляют в одноразовую герметическую упаковку. Временное хранение их возможно только в специально отведенном, изолированном помещении корпуса в контейнерах.

Отходы класса Г — это просроченные лекарственные средства, отходы от лекарственных и диагностических препаратов, дезинфицирующие средства, не подлежащие использованию, с истекшим сроком годности, цитостатики и другие химпрепараты, ртутьсодержащие предметы, приборы и оборудование. Их собирают в одноразовую герметическую твердую (2—3-й класс токсичности) или мягкую (4-й класс токсичности) упаковку.

Для временного хранения отходов больницы классов А, Б, Г в хозяйственной зоне оборудуется специальная площадка с асфальтовым или бетонным покрытием, позволяющем ее дезинфицировать и мыть. На площадке устанавливают, промаркированные согласно классам опасности отходов, контейнеры с плотно закрывающимися крышками. Расстояние между площадкой для контейнеров и палатными, лечебно-диагностическими корпусами должно быть не менее 25 м. Контейнеры необходимо систематически промывать и дезинфицировать. Отходы должны вывозить ежедневно специализированным автотранспортом.

Сбор, хранение, удаление радиоактивных отходов (класс Д) осуществляют в соответствии с требованиями правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, нормами радиационной безопасности, и других действующих нормативных документов, которые регламентируют обращение с радиоактивными веществами.

Отходы класса А обезвреживаются на полигонах твердых бытовых отходов. Отходы классов Б, В необходимо уничтожать на специальных установках по обезвреживанию отходов лечебно-профилактического учреждения термическими методами. Их обезвреживание может осуществляться децентрализованным или централизованным способами.

При децентрализованном способе установки по термическому обезвреживанию отходов располагают на территории лечебного учреждения. В настоящее время широко применяют мусоросжигательные печи типа "Инсениратор", "Вансон", "Ирон". Их располагают на территории хозяйственной зоны больницы с соблюдением санитарного разрыва не менее 50 м от палатных корпусов и жилых домов. Мусоросжигательные печи оборудуют в подвальных помещениях или в отдельном здании (если есть котельная, то в этом же самом помещении, но отгороженном и с отдельным входом). Печи малой мощности, температура которых не превышает 350 °С, присоединяют к отопительным дымовым трубам. Для печей большей мощности (свыше 350 °С) делают отдельную трубу. Печи оборудуют приспособлениями для задержки летучей золы, пыли, искр.

Сжигание больничных отходов на месте целесообразнее в гигиеническом плане. Кроме того, при этом уменьшается количество отходов на 80—95% по объему и на 60—70% — по массе, следовательно, экономия транспортных за-

трат превышает эксплуатационные затраты на обезвреживание отходов больницы на месте их образования.

При централизованном способе отходы лечебного учреждения обезвреживаются в печах крупных мусоросжигательных заводов или городских крематориях.

При отсутствии установки по обезвреживанию эпидемиологически безопасные патологоанатомические и органические операционные отходы (органы, ткани и т.п.) захораниваются на кладбищах в специально отведенных могилах. Другие отходы класса Б (материалы и инструменты, выделения пациентов, отходы из микробиологических лабораторий и вивариев), после проведенной дезинфекции, вывозятся на полигоны твердых бытовых отходов.

Среди новых методов утилизации нужно выделить растворение твердых отходов с помощью растворителей, обработка отходов кислотами, измельчение на частицы размером 2,5—3,5 мм с дальнейшим сбрасыванием в канализацию. Этот метод предложили С. Кинс, А.К. Маненко, Н.Н. Сахновская (1982). Но из-за технических трудностей он не получил широкого применения. Однако, как свидетельствуют выводы названных исследователей и опыт, самым лучшим методом обезвреживания отходов, в том числе и больничных, является метод обезвреживания при помощи биотермических камер.

Особенности планировки, благоустройства и оборудования учреждений обслуживания населения

Учреждения обслуживания включают большой перечень объектов. Это объекты коммунального назначения, культурно-зрелищные заведения, заведения досуга, физкультурно-оздоровительные и спортивные сооружения и др. Согласно тенденциям, наблюдаемым ныне, круг объектов обслуживания будет расширяться, а их оборудование и устройство — совершенствоваться.

Санитарные требования, предъявляемые к планировке, благоустройству и оборудованию учреждений коммунального назначения. К комплексным и специализированным предприятиям бытового обслуживания населения относятся дома быта, ателье, мастерские, фотосалоны, парикмахерские, разнообразные приемные пункты, бани, банно-оздоровительные комплексы, душевые павильоны и прачечные, фабрики химической очистки и покраски. Отдельные виды предприятий бытового обслуживания ныне объединяют в так называемые комплексные предприятия.

Баня, прачечная, парикмахерская, являясь учреждениями по обслуживанию населения, имеют и санитарно-профилактическое назначение. Бани же, имея в своем составе купально-плавательные бассейны, предусматривают возможность приема и бальнеологических процедур, поэтому развиваются как объекты спортивно-оздоровительного значения, и санитарно-эпидемиологическая служба придает большое значение надзору за ними.

**Рекомендации для расчета мощности объекта, размеров
земельного участка и размещения его в плане населенного пункта**

Размещение	Предприятия	Единицы измерения	Количество на 1000 населения		Размеры земельных участков, га на 1 объект
			на первую очередь	на расчетный срок	
Микрорайоны, жилые районы	Комплексные приемные пункты с мастерскими и парикмахерскими (встроенные)	1 работник, 1 приемщик	2,1	2,8	—
	Приемные пункты прачечной (встроенные)	1 кг сухого белья в смену	80	110	
	Предприятия химчистки	1 кг обрабатываемых в смену вещей	3,5	4	0,1
Жилые, планировочные районы	Баня	1 место	7	5	0,2—0,4
Город или другой населенный пункт	Дома быта, специализированные предприятия	1 работник, 1 приемщик	6,2	7,8	По заданию проектирования
Коммунально-складская зона	Предприятия централизованного выполнения заказов	1 работник	2,7	3,4	То же
	Фабрики-прачечные	1 кг сухого белья	90	120	0,6—1
	Фабрики-химчистки	1 кг обрабатываемых вещей	3,2	7,4	0,5—1

В ходе предупредительного санитарного надзора за строительством и реконструкцией бани, прачечной, парикмахерской, прежде всего, возникают следующие вопросы: а) расчета мощности объекта, пропускной его способности, размера земельного участка (табл. 133), правильности его расположения в плане населенного пункта; б) оценка планировки и благоустройства указанных объектов.

Первая группа вопросов может быть решена на основании рекомендаций, приведенных в государственных строительных нормах и правилах (ДБН 360-92*, ДБНВ.2.2-11-2002).

Прачечные, особенно фабрики-прачечные, могут быть источником загрязнения окружающей среды. Их рекомендуют располагать в коммунально-складской зоне населенного пункта в отдельном здании. На земельном участке прачечной должна быть предусмотрена хозяйственная зона с площадкой для разгрузки и загрузки белья. Для прачечной необходим участок достаточных размеров. Например, площадь для типовых прачечных должна составлять 1 га.

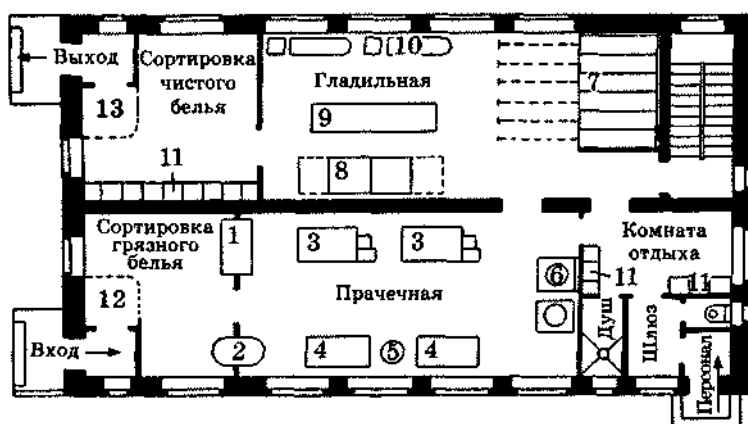


Рис. 134. Полумеханизированная прачечная (схема):

1 — чаны для замачивания; 2 — бучильники; 3 — корыта для стирки; 4 — стиральные машины; 5 — бак для растворов; 6 — центрифуги; 7 — сушильный шкаф; 8 — каток; 9 — разборный стол; 10 — гладильные доски; 11 — шкаф для хранения одежды персонала; 12 — прием грязного белья; 13 — выдача чистого белья

Размеры земельных участков зависят от мощности прачечной. Прачечную мощностью до 1000 кг при соответствующем обосновании можно сооружать на участке меньшей площади (но не менее 0,5 га).

Отдельные приемные пункты прачечных могут быть встроенными и располагаться равномерно по всей территории населенного пункта, непосредственно возле жилья. Нормативом для расчета надлежащей мощности прачечной считается 90 кг белья в смену на 1000 человек населения на первую очередь и 120 кг — на перспективу. Следовательно, потребность в прачечных по мере благоустройства населенного пункта будет возрастать. По оборудованию и характеру стирки белья наиболее соответствуют современным требованиям прачечные, где почти все процессы механизированы (рис. 134).

Планировка прачечных должна обеспечивать соблюдение следующих гигиенических требований: а) помещения, через которые проходит инфицированное белье (ожидальня, приемная, разборная), должны быть изолированы от других помещений; б) группа "грязных" помещений должна быть обеспечена самостоятельной вытяжной вентиляцией; в) загружать грязное белье в дезбучильники необходимо из разборной; г) вынимать продезинфицированное белье из дезбучильника необходимо со стороны прачечного отделения,

По функциональному назначению все помещения можно разделить на производственные и вспомогательные. К первым относятся следующие: помещения для приема, метки, учета, сортировки и хранения грязного белья (часто эти операции осуществляются на отдельном приемном пункте), ожидальня для посетителей; помещения для стирки, полоскания и отжима белья, хранения моющих средств, приготовления растворов; склады материального обеспечения (стиральный цех); помещения для сушки и глажения (сушильно-гладильный

цех); помещения для разборки, упаковки и ремонта белья (цех разборки, ремонта и упаковки); помещения для хранения, выдачи белья, ожидальня (цех выдачи белья); диспетчерская.

Вспомогательными помещениями коммунальной прачечной являются: ремонтно-механическая мастерская, лаборатория, кладовые для уборочного инвентаря, диспетчерская, помещения для персонала, гардеробные, комната отдыха, душевые, уборная для персонала.

Бани, как и фабрики-химчистки и прачечные, должны быть расположены на отдельной территории (0,2 га на объект).

Согласно рекомендациям, их можно оборудовать в жилом районе города, поскольку этого требуют интересы населения. Но в связи с тем, что баня может быть источником неблагоприятного воздействия на окружающую среду, между нею и жилой территорией должно быть расстояние от 25 до 40 м (в зависимости от мощности) и не менее 50 м от лечебных и детских учреждений. Обычно баню возводят на межквартальной территории, поблизости организуют стоянки городского транспорта.

В зависимости от устройства, средств мытья, особенностей микроклимата можно выделить несколько типов бань.

В *русских банях* используют парильни. Пар генерируется при помощи печи-каменки, отапливаемой дровами или другим видом топлива (в последнее время — газом). В русских банях имеются тазы и шайки, душ.

В *банях душевого типа* моются в основном под душем, что имеет с гигиенической точки зрения несколько преимуществ: а) для мытья используют чистую проточную воду; б) вода имеет желаемую температуру; в) расход воды меньше, чем в русской бане.

Ванны в банях такого типа не обеспечивают надлежащего гигиенического эффекта. Они необходимы для тех, кто не может пользоваться общей мыльной. Иногда в них проводят лечебные процедуры.

Баня типа сауны отличается от русской тем, что там используется сухой, нагретый до определенной температуры (90 °С) воздух. Моются под душем. Баню оборудуют бассейном (или микробассейном). Такой способ мытья гигиеничный, но сопровождается значительной нагрузкой на организм, поэтому противопоказан определенной категории лиц. Он требует также определенной тренированности и медицинского контроля.

Баня пропускного типа, кроме гигиенического, имеет противоэпидемическое значение: в ней проводят по эпидемиологическим показаниям санитарную обработку (мытье, стрижку, дезинсекцию и дезинфекцию белья и одежды). Поэтому планировка, оборудование и режим пропускника имеют определенные особенности. Бани, оборудованные душами, имеют отдельный вход и выход в отделения, т. е. в "чистые" и "грязные" половины. Из раздевальной моющиеся передают через специальное окно свою одежду в дезинфекционную камеру, а после мытья получают ее, но уже через второе окно.

В практике проектирования и эксплуатации бань туалетного типа, имеющих гигиеническое назначение, предусмотрена по необходимости возможность

их трансформации (при вместимости 20 мест и более) в пропускные. Для этого оборудуют:

- запасные двери между женским и мужским отделениями (в мыльных — к душевым);
- специальные обмывочные души в мыльных, проходах между скамейками;
- душевые установки для дополнительного приема душа при выходе из мыльной и душевой в "чистую" половину;
- приспособления для периодической дезинфекции помещений и оборудования;
- специальные площадки для расположения этих приспособлений на земельном участке;
- стационарные дезинфекционные камеры в бане на 200 мест и более. *.

С развитием благоустройства населенных мест потребность в банях, как санитарном объекте, несколько снижается, о чем свидетельствуют нормативы мощности бань: 7 — на первую очередь и 5 — на перспективу на 1000 жителей района в радиусе обслуживания. Однако роль бани благодаря ее оздоровительному назначению не уменьшается.

Обязательным для бани любой мощности является оборудование отдельных помещений или групп: а) вестибюли с гардеробами и ожидальнями; б) гигиенические помещения (раздевальные, мыльные, душевые, парильные); в) вспомогательные и подсобные помещения (касса, кладовые, санитарные узлы и др.). В банях вместимостью 20 мест и более организуют купально-плавательные бассейны, оборудуют помещения для оздоровительно-профилактического (оздоровительный душ, ванна, массаж, фотарий, комнаты отдыха) и дополнительного (парикмахерская, мелкий ремонт одежды, прокат купально-плавательных принадлежностей, срочная стирка и др.) обслуживания; расширяют комплекс вспомогательных и подсобных помещений.

Бани туалетного и смешанного типа с пропускной способностью 20 человек и более имеют два одинаковых отделения — мужское и женское. Обычно они работают параллельно, каждое обслуживает определенный контингент, но при необходимости (санитарная обработка населения) одно из отделений превращается в "чистую", другое — в "грязную" половину пропускника. В банях вместимостью 200 посетителей организуют детское отделение (10% от общего количества гигиенических помещений).

Соотношение мест в раздевальной, мыльной и парильне принимается как 100:70:20, а в банях вместимостью 50 человек и меньше — 100:85:20. Раздевальные рассчитывают на 100% вместимости, так как в гигиенических помещениях посетители рассредоточены, а в гардеробе обслуживают одновременно и моющихся, и ожидающих.

Вестибюль, гардероб, ожидальня по расположению и функциям взаимосвязаны.

Вестибюль предотвращает проникновение в помещение бани холодного воздуха. В нем обычно оборудуют гардероб для посетителей и персонала, кассы, киоски. Ожидальня должна разгружать раздевальную и служить комнатой отдыха после мытья.

Раздевальная, мыльная, душевая, ванная и парильня — основные помещения бани. С точки зрения удобства пользования, а также с гигиенической точки зрения, к их организации, оборудованию и режиму предъявляются повышенные требования.

Раздевальная приобретает особое значение в том случае, если гардероб отсутствует. В раздеальной должны быть отдельные шкафчики для одежды и сидения (не более 6 в одном ряду), зеркало, весы и фены.

При раздеальных выделяют комнаты для обслуживания, кладовые для белья, моющих средств и уборочного инвентаря.

Мыльные также оборудуют скамьями размером 0,5 х 1 м (не более 6 скамеек в одном ряду). Расстояние между скамьями — 1,2—2 м, между скамьей и стеной — 10 см. На каждые 6 мест мыльной предусматривают водоразборные краны, огражденные экранами высотой 1,5 м.

Открытые душевые кабины в мыльных и душевых отделяют перегородками высотой 2 м. Их оборудуют поручнями, настенными мыльницами и крючками для мочалок. Места для моющихся в мыльных и душевых отделяют от общего помещения перегородками высотой 1,5 м.

Закрытые ванны необходимо оборудовать душем, поручнями, настенной мыльницей и крючками для мочалок.

Раздеальные закрытых ванн и душевых кабин должны иметь сидения для раздевания, зеркала, вешалки для одежды и полотенец.

Парильня — традиционный элемент бань. Опыт показывает, что ее посещают 10—20% посетителей.

Высокая температура пара (воздуха) вызывает ряд временных физиологических сдвигов в организме: повышается температура тела, ускоряется ЧСС и дыхание, снижается артериальное давление, ослабляется сила мышц, повышается тонус сердечно-сосудистой системы. Регулярное пользование парильней способствует тренировке, закаливанию организма, а иногда является лечебным методом при таких заболеваниях, как ревматизм, подагра, болезни почек, некоторые невроты.

Купально-плавательный бассейн. Купально-плавательные бассейны, микробассейны, оздоровительные души, массажные, фотарии придают бане оздоровительно-спортивный характер. Бассейн имеет вход из мыльной или душевой через тамбур. При входе в помещение бассейна предусмотрен проходной душ для ног. Ванны купально-плавательных бассейнов имеют произвольную форму. Их оборудуют по периметру дорожкой шириной 1,5 м при входе и 0,8 м — в остальной части. При площади водной поверхности бассейнов до 100 м² в ваннах оборудуют 1 лестницу с поручнями, свыше 100 м² — 2.

Микробассейны сооружают вблизи выхода из парильных. Их должно быть не менее 1 в каждой мыльной или душевой (с открытыми кабинами).

Важным вопросом для обеспечения санитарного режима является взаиморасположение отдельных помещений в здании бани. Целесообразно обособить помещение для оздоровительно-профилактического обслуживания. Баня на 300 мест и более должна иметь отдельные входы, вестибюли и гардеробные. Двери ванн и душевых кабин должны открываться в сторону служебно-

ТАБЛИЦА 134
Состав и площадь помещений
парикмахерской, м² на 1 рабочее место

Помещения	Площадь
Гардероб для посетителей	Не менее 0,3
Зал ожидания	1,5, но не менее 7,5
Женский зал	Не менее 8,0
Мужской зал	Не менее 6,0
Универсальные залы	Не менее 8,0
Маникюрный кабинет	Не менее 6,0
Педикюрный кабинет	Не менее 6,0
Косметологический кабинет	Не менее 12,0
Подсобные помещения (с кладовыми для грязного и чистого белья)	Не менее 1,0
Помещение для персонала	Не менее 0,75
Кабинет заведующего (при количестве рабочих мест более 5)	Не менее 9,0

го коридора. Массажные и фотарии оборудуют при раздевальных и бассейнах, буфеты и кафе — рядом с ожидальнями. Уборные для посетителей предусматривают в раздевальных и ожидальных, в закрытых ваннах и душевых кабинах.

Помещения с "мокрым" режимом не должны располагаться над помещениями с другим режимом, хлоратором в подвале. Стены парильных помещений отделывают древесиной (береза, липа, осина или лиственница). Потолок также должен быть деревянным — из березы, липы или осины. Для отделки других помещений допускает-

ся использовать полимерные материалы согласно перечню, утвержденному МЗ Украины.

Парикмахерские располагают в отдельных зданиях или зданиях общественных и торговых центров, бытовых услуг, при вокзалах, банях, на первых и цокольных этажах жилых домов, оборудовав их отдельным входом, при условии обеспечения нормативных уровней физических, химических и биологических факторов в помещениях соседних квартир. Состав и площадь основных помещений парикмахерской регламентируют ГСанПиН 2.2.002-99 "Государственные санитарные правила и нормы для парикмахерских разных типов" (табл. 134). Парикмахерские на 1—2 рабочих места разрешено устраивать в одном помещении площадью не менее 15 м², отделяя подсобный отсек перегородкой высотой не менее 1,8 м.

В рабочих залах оборудуют рабочие места, которые имеют настенное зеркало с полкой, тумбочку (тележку) для инструментария, парикмахерское кресло с регулируемой высотой и подставкой для ног. Расстояние между креслами по оси должно быть не менее 1,8 м, от крайнего кресла до стены — не менее 0,7 м. При расположении рабочих мест параллельными рядами расстояние между ними составляет не менее 3 м.

Внутренняя отделка помещений парикмахерской должна быть доступной для санитарной обработки и дезинфекции.

В женских парикмахерских оборудуют также зал для окраски волос, маникюрный зал и косметологический кабинет.

Требования к благоустройству прачечных, бань, парикмахерских обусловлены особыми условиями тепло- и влаговыведения. Поэтому на таких объектах должна быть приточно-вытяжная вентиляция с преобладанием вытяжки над притоком. Кроме того, в этих учреждениях для "технологического" процесса должно быть достаточное количество воды высокого качества.

В купально-плавательных бассейнах при бане рекомендуют организовывать водообмен с рециркуляцией воды (многократное использование с очисткой, обеззараживанием и одновременным пополнением запасов свежей воды).

Здания бань, прачечных и парикмахерских должны иметь водопровод и канализацию. При отсутствии городских или поселковых сетей канализации условия и места спуска сточных вод согласовывают с санитарно-эпидемиологической службой. В банях предусмотрены отдельные сети производственной и бытовой канализации.

Обработка сточных вод бань и прачечных осуществляется при наличии городской (поселковой) канализации вместе с хозяйственно-бытовыми сточными водами. При этом соотношение количества сточных вод прачечной и хозяйственно-бытовых должно составлять не более 1:1 (во время работы бань, прачечных). Допускается временное повышение указанного соотношения до 1,2:1. При соотношении свыше 1:1 сточные воды перед сбросом в канализационную сеть подлежат предварительной обработке (коагуляция с известкованием и отстаиванием).

Особенности планировки, благоустройства и оборудования культурно-зрелищных учреждений и заведений досуга. Большинство культурно-зрелищных заведений, к которым относятся зрелищные объекты (театры, кинотеатры, цирки, концертные залы, клубы), выставочные залы, библиотеки, лектории и т. п., несмотря на специфику каждого из них, отличается тем, что в течение определенного времени в помещениях, ограниченных площадью, пребывает значительный контингент людей. Поэтому независимо от некоторых расхождений, в гигиенических требованиях к планировке и оборудованию основных функциональных помещений этих учреждений — залов (для зрителей, выставочный, читальный и др.), выполняющих разнообразные функции, есть много общего. Прежде всего, это необходимость в обеспечении оптимальных параметров микроклимата, видимости и слышимости. Кроме того, объекты этой группы, особенно те, в которых одновременно, во время представления, демонстрации фильма, скапливаются люди, должны иметь эффективную приточно-вытяжную вентиляцию, надлежащий гардероб. Особое внимание обращают на оборудование комнат для курения.

Гардеробные обычно располагают по пути движения посетителей, вблизи входов, желательно в изолированном от вестибюля помещении.

В гигиеническом отношении целесообразно организовывать централизованный гардероб, в котором легче контролировать эффективность вентиляции и пылеулавливания. Площадь раздевальной должна составлять 0,08—0,1 м² на 1 посетителя.

Коридоры служат транспортным путем, местом ожидания и функционируют как кулуары (коридоры для прогулок). Они связывают между собой отдельные помещения учреждения, например, в театре — зал для зрителей, фойе и вспомогательные помещения (буфет, кафе, театральный музей, комнаты для курения и туалетные). Коридор является резервуаром чистого воздуха, препятствием для проникновения в зал уличного шума. С гигиенической точки зрения, преимущество отдают коридору с односторонней застройкой с оптималь-

ным естественным освещением и аэрацией. Длина его лимитируется: коридор в качестве транспортного пути при освещении из одного торца — не более 20 м, из двух торцов — 40 м; коридор-кулуар — 15 и 30 м соответственно. Если коридор длиннее, через каждые 15 м оборудуют световые разрывы большей или меньшей ширины. Наименьшая ширина коридора в общественных зданиях, согласно нормативам, составляет 2 м. В зависимости от назначения коридора ее увеличивают.

Teamp обычно сооружают в центре населенного пункта. Он служит его украшением. Самое лучшее место для него — площади и магистрали. Не допускается располагать театры вблизи железнодорожных станций и путей, промышленных объектов, линий метро с мелким заложением и других источников шума.

Здание театра состоит из трех групп помещений:

1) для зрителей; 2) демонстрационно-сценических; 3) административно-хозяйственных.

Гигиенические требования к планировке и оборудованию зала для зрителей диктуются потребностью обеспечения в театре удобств для зрителя, а также надлежащих условий видимости, слышимости, микроклимата и качества воздушной среды. Хорошая слышимость в зале для зрителей обеспечивается рациональным подбором его габаритов, формы и отделки. Акустику оценивают по продолжительности реверберации (многократного отражения). Помещения, характеризующиеся хорошей акустикой, имеют реверберацию 1,75—1,85 с. В целях улучшения акустических условий в зале для зрителей устанавливают мягкую мебель. Это создает равноценные акустические условия при разном заполнении людьми.

Хорошая видимость в зале для зрителей обеспечивается тем, что каждый последующий ряд оборудуют выше предыдущего не менее чем на 12 см, задние ряды удаляют от сцены на 30—32 м в оперных театрах и на 25—27 м — в драматических. Для обеспечения видимости сцены лимитируют горизонтальный и вертикальный углы зрения.

Относительно цвета стен и отделки театральных помещений (прежде всего зала для зрителей) есть разные мнения. Признаны наилучшими для окрашивания залов для зрителей зеленые, бежевые и голубые оттенки. Зал для зрителей, кулуары и фойе следует красить в разные цвета, чтобы не возникало впечатления однотонности.

К мебели зала для зрителей предъявляют некоторые дополнительные требования. Кресла, например, должны: 1) быть с прочными основными опорами и удобной конструкцией сидения; 2) отвечать анатомо-физиологическим особенностям тела, для чего высота сидения должна составлять 46 см, глубина — 40—42 см и ширина — 55 см; 3) хорошо очищаться от пыли и т. п.

Сцена является главным помещением демонстрационной группы театра. Глубинная колосниковая сцена соединяется с залом для зрителей порталным проемом, ширина его зависит от размеров зала, его формы и расположения мест для зрителей. Для современных театров желательно максимально раскрыть порталный проем: в театрах оперы и балета — от 12 до 18 м, в драмати-

ческих — от 10 до 14 м. Ширина сцены составляет от 31 до 19 м, глубина от 24 до 17 м. Высота должна быть равна тройной ширине портала. Форма сцены обычно прямоугольная.

Кинотеатры располагают таким образом, чтобы максимально приблизить их к зрителю. Не рекомендуют проектировать кинотеатры встроенными, так как они создают шум и неудобства для жителей дома.

Спецификой кинотеатра является безвозвратная пропускная система, движение посетителей в одном направлении: через вестибюль, кулуары, зал для зрителей к выходу. Такой характер движения потока обуславливает структуру и взаиморасположение помещений кинотеатра.

Основным планировочным элементом кинотеатра является зал для зрителей, вокруг которого располагаются вспомогательные помещения. Он должен обеспечивать оптимальные условия для визуального восприятия фильма, совершенное качество звука и нормальные микроклиматические условия для посетителей.

Кинотеатры Украины состоят из следующих дополнительных помещений: кассовый и входной вестибюли, фойе партера, кулуары балкона и др. Они рассчитаны на обслуживание переменного (через каждые 1,5—2 ч) потока зрителей, имеют своеобразную группировку и планировку.

Размер площади фойе определяют из расчета $0,5 \text{ м}^2$ на 1 зрителя. Фойе имеет удобную связь с входами в зал для зрителей и вестибюль. Гардероб в кинотеатрах обычно не предусмотрен. Кассовый вестибюль может быть объединенным с входным лишь в кинотеатрах на 600 зрителей и менее. Допускается объединение входного вестибюля с распределительными кулуарами. Последние служат для распределения потоков зрителей при входах в зал для зрителей и должны иметь ширину не менее 2,4 м. В фойе многих кинотеатров оборудуют эстраду и буфет. Комнаты для курения и уборные соединяются отдельными входами из фойе и распределительными кулуарами.

Цирки (летние и зимние) имеют своеобразную планировку, зависящую от типичных элементов. Прежде всего, это касается цирковой арены. Ее стандартная площадь — 670 м^2 . В цирках оборудуют также сцены со вспомогательными помещениями. Высота купола от пола арены бывает различной.

Характерной особенностью внутренней планировки цирка являются кольцевые коридоры, вдоль которых располагаются входы в партер, амфитеатр. Они разделены на ярусы и закулисную часть. С коридором непосредственно связаны буфет, уборные и комнаты для курения. К особенностям планировки цирка относится также оборудование помещения для животных. Иногда они занимают площадь $1000\text{—}1500 \text{ м}^2$. В зданиях некоторых цирков есть общежития для приезжих артистов. В закулисной части располагают в несколько этажей многочисленные вспомогательно-производственные помещения: артистические уборные, комнату режиссера, цех униформ, швейную, костюмерную, шорную мастерские, комнаты отдыха, медицинский пункт, оркестровую ("раковину") и пр.

Основным гигиеническим требованием к планированию зданий цирков является рациональное расположение их многочисленных дифференцирован-

ных элементов. Важно добиться надежной изоляции помещений для животных от зала для зрителей, фойе и вестибюля, а также других производственных и подсобных помещений. Они должны быть оборудованы эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Особенности планировки и оборудования спортивных сооружений и мест для занятий физической культурой и спортом. Спортивные сооружения разделяют на открытые и закрытые. К первым относятся места для занятий легкой атлетикой, спортивными играми; открытые искусственные бассейны для плавания и бассейны на естественных водоемах; конькобежные, беговые дорожки; поля для хоккея, фигурного и массового катания на коньках и т. п.; к закрытым — залы для занятий гимнастикой, борьбой, боксом, тяжелой атлетикой, спортивными играми, фехтованием; искусственные катки; закрытые бассейны для плавания; лыжные станции и стрелковые тир. Этот перечень не охватывает спортивных сооружений по многим видам спорта (вело- и мотоспорт, парусный и гребной спорт и др.), но гигиенические и спортивно-технологические требования к ним почти такие же самые, как и к сооружениям, перечисленным выше.

Открытые и закрытые спортивные сооружения возводят как самостоятельные, отдельно расположенные объекты или как элементы, входящие в состав спортивных комплексов. Характерным типом комплексного спортивного сооружения является стадион, состоящий из ряда специальных помещений и служащий центром учебно-тренировочной работы и соревнований по разным видам спорта.

В каждом спортивном сооружении, предназначенном для тренировочных занятий и соревнований, предусмотрен ряд вспомогательных помещений для обслуживания спортсменов и зрителей. Это гардеробная, раздевальная, душевые, уборные, кабинет врача, комната для массажа, комната для администрации, помещение для хранения инвентаря и др.

Для обеспечения хороших условий для занятий спортом и предотвращения спортивного травматизма большое значение имеют планировочные мероприятия. В зависимости от назначения, отдельные виды спортивных сооружений требуют и соответствующих планировочных решений. Для большинства из них обязательными являются следующие: а) расположение на благоприятных, здоровых, хорошо проветриваемых и инсолированных, достаточных по размеру территориях; б) зонирование территории; в) правильное взаиморасположение мест или помещений для зрителей и спортсменов во избежание предотвращения пересечения потоков; г) возможность последовательного использования помещений (поточность); д) планировка отдельных помещений должна обеспечивать их функциональную связь; е) наличие вспомогательных сооружений; ж) оптимальные условия среды в закрытых помещениях (микроклимат, качество воздуха, освещение, инсоляция, акустика и др.).

Вспомогательные помещения для обслуживания спортсменов оборудуют в отдельных зданиях (павильонах) или под трибунами. Их площадь следующая: раздеальные — из расчета 0,4 м² на 1 человека; душевые — один рожок

на 20 человек, занимающихся одновременно; туалеты мужские — один унитаз и один писсуар на 50 мужчин, женские — один унитаз на 30 женщин.

Если вспомогательные помещения стадиона используют для занятий зимними видами спорта, то их дополняют специальными помещениями. Например, комнатой для обогрева катающихся на коньках ($0,16 \text{ м}^2$ на 1 человека) и помещением для проката коньков.

Площади вспомогательных помещений при открытых искусственных бассейнах планируются из расчета: раздевальные — на 100% физкультурников одной смены; душевые — один рожок на 3 человека; туалет мужской — один унитаз и один писсуар на 10 человек, женские — один унитаз на 7 женщин одной смены.

Некоторые вспомогательные помещения являются общими для всех видов спортивных сооружений: кабинет врача с массажной ($10\text{--}12 \text{ м}^2$); комната для инструкторов ($12\text{--}15 \text{ м}^2$); комната для судей ($15\text{--}20 \text{ м}^2$); комната отдыха с буфетом ($30\text{--}70 \text{ м}^2$); комната для обслуживающего персонала (10 м^2); комнаты для хранения спортивного инвентаря ($15\text{--}25 \text{ м}^2$) и дирекции ($20\text{--}40 \text{ м}^2$) и пр. Высота вспомогательных помещений должна быть не менее 2,7 м, за исключением кладовых, туалетов и душевых, где она может быть уменьшена до 2,4 м.

Стены в раздевальных и медицинских помещениях на высоту 1,7 м покрывают светлой масляной краской, а в душевых — по мере возможности облицовывают кафелем. Полы в раздевальных делают деревянными, покрывают масляной краской или линолеумом. В проходах рекомендуют класть резиновые, а не ковровые дорожки, которые могут быть источником передачи грибковой болезни. В душевых полы выстилают метлахскими плитками, оборудуют трапы для отведения воды. Допускается также цементные полы.

Душевые обеспечивают смесителями горячей и холодной воды. При входе в туалеты при искусственных бассейнах для плавания необходимо оборудовать ножной кювет с проточной водой.

Вспомогательные помещения для зрителей оборудуют на спортивных сооружениях, предназначенных для проведения соревнований. Ряды на трибунах располагают последовательно в направлении снизу вверх, что обеспечивает хорошую видимость.

Площадь трибун определяют из расчета $0,5 \text{ м}^2$ на 1 зрителя. Для безопасности и создания удобств для зрителей количество мест в каждой секции, если рядов не больше 14, должно быть не более 50, а при большем количестве рядов — не более 40. Места для сидения должны иметь длину 40—42 см и ширину 30—35 см при высоте 45 см. Ширина прохода между сидениями — 45 см, глубина ряда — 75—80 см. Ширину лестничных маршей и люков для прохода устанавливают в зависимости от степени огнестойкости материалов (каменные, деревянные и др.), из которых построены трибуны. С поверхности трибун должен быть налажен беспрепятственный сток воды.

Пространство под трибуной, если такое имеется, можно использовать для организации буфетов и туалетов для зрителей. Туалеты должны иметь отдельные вход и выход для обеспечения текущего движения посетителей. В боль-

ших подтрибунных пространствах можно оборудовать вспомогательные помещения для спортсменов, однако в гигиеническом плане они уступают помещениям, расположенным в отдельных зданиях (хуже условия естественного освещения, невозможность сквозного проветривания и др.).

Купально-плавательные бассейны. Бассейны могут сооружаться как отдельно, так и в составе сложного коммунального или бальнеологического комплекса. В такой комплекс, кроме бассейна, могут входить бани (финские, русские и др.), ванные комнаты (в том числе лечебные), массажные, солярии или фотарии и пр. Большинство бассейнов в нашей стране являются спортивными или лечебно-оздоровительными.

При решении вопроса о расположении бассейна необходимо учитывать следующие общие требования: с одной стороны, территории для бассейна должны быть наиболее благоприятными в гигиеническом плане, т. е. их следует выделять в наименее загрязненных районах с максимальным озеленением; с другой, — важно, чтобы бассейн был ближе к центру жилого района, в жилой зоне. Бассейны в жилых кварталах посещают 2,5—4% их населения, в районных — 1,5—2%, а в городских — 0,7—1% жителей города. Нормы расчета бассейнов в городах и поселках (на 1000 жителей не менее 39,1 м² зеркала бассейна) определяют в соответствии с ДБН 360-92* "Градостроительство. Планирование и застройка городских и сельских поселений".

Прежде всего, следует учесть рельеф земельного участка, чтобы уклон был от 0,5 до 4%, а уровень залегания грунтовых вод — не менее 0,7 м от самой низкой отметки сооружения. По периметру участка для открытого бассейна предусмотрена полоса зеленых насаждений шириной 10 м, а общее озеленение ее должно составлять не менее 35% от площади всего участка. Ванну открытого бассейна располагают не менее чем за 15 м от красной линии участка и не менее чем за 50 м от жилых домов. На территории открытых бассейнов, кроме ванн и зданий со вспомогательными помещениями, рекомендуют оборудовать площадки для подготовительных занятий из расчета 4,5 м² на 1 посетителя.

Внутренняя планировка закрытого бассейна во многом определяет условия его эксплуатации. Здание, где расположен бассейн, имеет обычно не более 2—3 этажей без подвала, являющегося техническим этажом. Должно быть не менее трех входов: главный, хозяйственный и аварийный (из хлораторной).

Типовыми проектами плавательных бассейнов предусмотрен следующий состав помещений: вестибюль, гардероб для верхней одежды, раздевальня, душевые, зал ванны бассейна, зал для подготовительных занятий, сушильные, туалеты и другие служебные помещения (комната для тренеров, кабинет директора, медицинская комната, буфет и т. д.). К техническим относятся помещения для фильтров, хлораторная, лаборатория, склады и пр.

Основное помещение — зал ванны бассейна. Вокруг ванны оборудуют дорожку шириной 1,5 м по длине ванны и 4 м в торцах. Пол дорожки подогревают до 30 °С. Трибуны для зрителей не должны соединяться с дорожками вокруг ванн. Ванна имеет длину 25 или 50 м, ширину ее можно рассчитать.

Нормативы глубины ванны бассейнов, м (ДБН В2.2—13—2003)

Назначение	Глубина	
	Мелкая часть	Глубокая часть
Для спортивного плавания	2,1	Не более 5
Для обучения плаванию детей:		
после 14 лет;	0,9	Не более 1,25
от 11 до 14 лет;	0,8	Не более 1,05
от 7 до 11 лет	0,6	Не более 0,85
Для оздоровительного плавания	1,2	1,45

Глубина ванны бывает разной в различных частях и зависит от ее назначения (табл. 135).

По периметру ванны располагают так называемые пенные корытца, в которые постоянно стекает верхний слой воды, если заполнить ванну по принципу "полной чаши".

Световой коэффициент для зала ванной принят как 1:6, освещенность на уровне воды — 100 лк для открытых бассейнов и 150 лк — для закрытых. Можно увеличить освещенность до 10%, но чтобы не повысить блеск воды, так как это отрицательно влияет на зрение купальщиков.

Большое значение для работы бассейна имеет расположение помещений относительно друг друга. Это должно обеспечивать движение посетителей в такой последовательности: из гардероба для верхней одежды — в раздевальную для одежды, белья, оттуда — в душевую, а после нее — в ванну бассейна. Для профилактики грибковых заболеваний выход из душевой в зал ванной оборудуют только через ножные ванны. Они занимают всю площадь тамбура между душевой и ванной, имеют ширину не менее 1,8 м и обеспечивают сильное течение струи воды глубиной 10—15 см.

Для предотвращения занесения загрязнений в ванну туалет располагают так, чтобы после его посещения купальщик обязательно прошел ножной душ. С этой же целью уклон пола зала ванной делают в сторону душа.

Водообмен в ваннах бассейна происходит двумя способами: 1) так называемой рециркуляции, т. е. многократного использования воды с ежедневным 10% ее пополнением; 2) непрерывного притока свежей воды. Водообмен периодическим наполнением не допускается. Продолжительность полного обмена воды в ванной должна составлять не более 6—8 ч.

Во время рециркуляции вода проходит следующую обработку: через отверстия в глубокой и мелководной частях ванны она со скоростью 0,4—0,5 м/мин подается на улавливатель волос, после этого — на песчаные напорные фильтры и снова в ванну. До прохождения фильтров в воду можно добавлять коагулянт (сернокислый глинозем) и обеззараживающий препарат (чаще всего препараты хлора или брома).

Вода, подающаяся в ванну бассейна, ножные ванны, должна отвечать требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды.

Государственный санитарный надзор за строительством и эксплуатацией жилых и общественных зданий

Контроль за строительством и эксплуатацией жилых и общественных зданий занимает значительное место в работе врача по коммунальной гигиене. Предупредительный и текущий санитарный надзор осуществляют в соответствии с законом Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения" (1994 г.); "Кодекса Украины об административных правонарушениях" (1984 г., с изменениями и дополнениями и т. п.).

В условиях развития на индустриальной основе многоэтажного строительства, внедрения новых материалов и конструкций, а также в связи с использованием усовершенствованных систем вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха значение санитарного надзора за строительством жилых и общественных зданий возрастает.

Предупредительный санитарный надзор предусматривает: контроль за проектированием жилых и общественных зданий на стадии типовых и индивидуальных проектов; участие в выборе земельного участка под строительство и выдача соответствующих заключений; контроль на стадии разработки проектов, привязки жилых и общественных зданий к выбранному участку, независимо от формы собственности; контроль за ходом строительства и реконструкции, за выполнением проектных решений, санитарных норм и правил; участие в работе комиссии по приемке в эксплуатацию жилых и общественных зданий; санитарную экспертизу новых строительных материалов и конструкций.

Контроль за разработкой проектов жилых и общественных зданий осуществляет санитарно-эпидемиологическая служба на всех этапах проектирования.

В Украине жилые и общественные здания строят главным образом по типовым проектам. Типовые проекты разрабатывают проектные институты с учетом природно-климатических особенностей отдельных районов, возможностей домостроительной индустрии и местных строительных материалов. Для удобства пользования все типовые проекты сведены в единый перечень. Последний периодически обновляют и дополняют.

Участие врача-гигиениста в разработке новых типовых проектов и экспериментальных серий проектов сводится к выборочной санитарной экспертизе, изучению опыта экспериментального и типового строительства, его гигиенической оценки.

Выбор земельного участка под строительство — второй этап предупредительного санитарного надзора. Для этого местная власть назначает комиссию в составе представителей управления (отдела) архитектуры, земельных ресурсов, пожарной охраны, службы экологической безопасности, санитарно-эпидемиологической службы и инженерно-технических служб.

Кроме санитарной оценки земельного участка, на стадии выбора решаются такие вопросы привязки здания к конкретным местным условиям, поскольку по причине выборочное™ контроля, СЭС не всегда участвуют в рассмотре-

нии проектов, в результате чего проект часто поступает в СЭС только на этапе контроля за строительством. Поэтому при выборе земельного участка под застройку обязательно следует ознакомиться с типовым или индивидуальным проектом здания, оценить влияние этажности на условия инсоляции фасадов и территории, планировку жилых секций в зависимости от шумового режима и др.

Если земельный участок под строительство отводят на территории, не имеющей проекта планировки, а это бывает при выборочной застройке или реконструкции, то необходимо рассматривать технико-экономические показатели застройки, оценить достаточность участка для оборудования детских, хозяйственных, спортивных и других площадок, а также вопросы культурно-бытового обслуживания населения.

На этапе выбора земельного участка решают вопросы санитарно-технического обеспечения здания: о возможности подключения к водопроводным, канализационным, тепловым сетям и др.

Согласно ДБН А.2.2-3-2004 "Состав, порядок разработки, согласование и утверждение проектной документации для строительства" проект на строительство объектов гражданского назначения обычно состоит из следующих разделов: 1) пояснительной записки с исходными данными; 2) архитектурно-строительного решения, ситуационного плана, генплана, благоустройства территории, схемы транспорта (при необходимости); 3) технологической части (при необходимости); 4) решения по инженерному оборудованию и наружным инженерным сетям; 5) оценки влияния объекта на окружающую среду (при необходимости ее определяют при участии государственных органов охраны окружающей среды); 6) организации строительства; 7) сметной документации; 8) ведомостей об объеме работ; 9) демонстрационных материалов, макетов (в соответствии с заданием на проектирование).

Согласование проектов привязки типовых проектов жилых и общественных зданий осуществляется на основании рассмотрения и оценки таких материалов: 1) решения исполнительного комитета или сессии местного совета народных депутатов о выделении земельного участка; 2) согласования отвода земельного участка с СЭС (форма 301/У); 3) задания на проектирование; 4) архитектурно-планировочного задания; 5) справки о возможности подключения к инженерным сетям водопровода, канализации, теплофикации и электроснабжения; 6) проекта-привязки, в состав которого входят пояснительная записка и графический материал; 7) технического проекта.

Из графического материала обязательно должны быть: 1) ситуационный план (в масштабе 1:5000 или 1:10 000), на котором должны быть нанесены все строения, инженерные коммуникации; 2) генеральный план (в масштабе 1:500 или 1:1000) участка застройки с гидрогеологической характеристикой; 3) планы этажей, фасады, разрезы зданий и сооружений со схематическим изображением основных несущих и ограждающих конструкций в масштабе 1:50, 1:100, 1:200; 4) принципиальные схемы инженерного оборудования (отопления, вентиляции холодного и горячего водоснабжения, канализации и т. д.).

Эксперты в первую очередь должны определить полноту и качество представленных материалов.

Затем детально рассматривают условия привязки проекта и оценивают их соответствие строительным и гигиеническим нормативам. Большое значение при согласовании имеет экспертиза проекта здания относительно соответствия размеров помещений гигиеническим требованиям, наличия взаимосвязи или изоляции отдельных помещений, возможности оптимальной ориентации, естественного освещения, прямого сквозного или углового проветривания, защиты от шума и пр. На этом этапе надзора оценивают правильность выбора с точки зрения теплозащитных свойств строительных материалов и конструкций, особенно используемых в качестве наружного ограждения.

Во время гигиенической экспертизы проектов жилых и общественных зданий и сооружений следует обратить внимание на то, что в зависимости от объемно-планировочных и конструктивных решений, систем и эффективности воздухообмена, свойств использованных строительных материалов, режима эксплуатации могут создаваться условия для увеличения риска влияния физических и химических факторов окружающей среды и самого жилья на здоровье и условия проживания населения.

При одинаковой мощности источника химического загрязнения (газовые и электрические плиты, пылесосы, полимеры строительных и отделочных материалов, вещества бытовой химии, коронные аэроионизаторы, очистители воздуха с ультрафиолетовыми лампами и т. п.) в зависимости от объема помещения и интенсивности воздухообмена, температуры и влажности, скорости движения, вертикального и горизонтального температурного градиентов воздуха, качества ограждающих элементов помещения могут образовываться разные концентрации вредных веществ. Кроме того, адсорбированные поверхностями помещения при определенных условиях и уровнях загрязнения, как это бывает при загрязнении ртутью, химические вещества даже после удаления из воздуха еще долго могут поступать в воздушную среду. Нагревание строительных материалов, особенно до высоких температур (пожар, короткое замыкание, несоответствие электросети мощности потребителей и т. д.), может привести к выделению из полимерного материала не только вредных, но и опасных для жизни человека веществ. Неравномерность расположения локальных источников химического загрязнения в помещении, наличие турбулентных воздушных потоков, температурного градиента обуславливают неравномерность концентраций химических загрязнений даже в пределах одного помещения. Это необходимо учитывать при выборе метода отбора проб на те или иные загрязнители воздуха. Без параллельного определения в наружном воздухе загрязнителя нельзя говорить о внутреннем происхождении последнего.

Конструктивно здание может приводить не только к снижению в помещении уровня физического фактора от внешних источников, а даже к увеличению степени его проявления. Это может наблюдаться при регистрации инфразвуковых колебаний и электромагнитного излучения. Уровни последнего за счет переизлучения возле металлических конструкций (коммуникационные системы электросети, радиовещания, телевизионные антенны, металлические трубы водо- и газоснабжения и пр.) могут быть даже выше величины электромагнитного поля извне. Электризация полимерных строительных материалов

имеет значение не только потому, что создаются сверхнормативные уровни статического электрического поля и наблюдается вредная или опасная для жизни электризация тела человека, но также потому, что из зоны дыхания человека удаляются легкие аэроионы. Особенно это следует учитывать при оценке материалов, применяемых в системах кондиционирования воздуха.

В зависимости от объема и геометрических форм помещения, акустических характеристик ограждающих конструкций уровни звука, т. е. звукового давления, при одной и той же звуковой мощности источника могут заметно отличаться.

В здании могут создаваться условия, когда вибрация от внутренних или наружных источников проявляется в помещениях через несколько этажей.

Таким образом, конструктивные особенности здания с гигиенических позиций следует рассматривать не как пассивную конструкцию, а как элемент взаимодействия с внутренними и внешними источниками физических, химических и биологических факторов. Могут создаваться условия для увеличения реальной нагрузки на человека в определенном помещении.

На основании материалов экспертизы готовят "Заключение по проекту строительства" (форма 303/У). Заключение состоит из следующих разделов: 1) констатирующей части, в которой излагаются основные данные проекта (серия; разработчик; перечень поданных на экспертизу материалов; данные экспертизы; обоснованный перечень недостатков с посылкой на нормативные документы); 2) заключения. В зависимости от количества и характера выявленных недостатков в проекте может быть принято одно из решений: проект согласовывается; проект отклоняется от согласования (при этом указывают причины отклонения).

Санитарный надзор в процессе строительства проводят планомерно. Планы составляют на основании титульных списков объектов и сооружений, которые строят на территории обслуживания, а также перечня объектов, вводимых в эксплуатацию. Информацию получают по запросу из отдела капитального строительства исполнительных комитетов местных советов или из управления (отдела) архитектуры, а также из управления земельных ресурсов.

Практика контроля за строительством показывает, что для полноценного санитарного надзора необходимо посещать объект ежеквартально, а в предпусковой период и объекты эпидемиологического риска (водопровод, канализации и т. п.) — ежемесячно. Контроль за строительством жилых и общественных зданий проводят не менее 3 раз на стадиях: подготовительного периода и инженерной подготовки территории; "нулевого цикла" (рытье котлована, возведение фундамента) и выполнения в этот период скрытых работ, на стадии отделки здания, монтажа санитарно-технического оборудования и окончания строительства.

Объекты гражданского назначения в период строительства обследует врач-гигиенист в присутствии руководителя строительства или прораба. Желательно, чтобы при обследовании объекта участвовал представитель технического надзора заказчика и проектной организации, которая осуществляет авторский надзор за строительством. При каждом посещении выделяют и обследуют участки и решают актуальные, с гигиенической точки зрения, и специфические для данного этапа строительства вопросы. На стадии подготовительного периода и инженерной подготовки расчищают территорию, сносят старые ненужные

строения, организуют временное отведение стоков поверхностных вод, планируют и выравнивают строительные площадки, санируют почву. Поэтому при первом посещении врач-гигиенист должен проверить размер и конфигурацию участка, визуально оценить ее санитарное состояние (полнота расчистки, состояние почвы), а также разметку земельного участка, его зонирование, разрывы между зданиями и строениями. Особого внимания заслуживает оформление строительной площадки. Выявляют количество и тип временных сооружений, размещаемых на территории строительства, оценивают организацию удаления отходов. Также обращают внимание на подъездные пути, пути движения строительного транспорта, месторасположение подъемного крана, ограждение площадки. Проверяют соответствие проекту выполненных работ по снижению уровня грунтовых вод, дренированию почвы эффективность работы дренажной системы.

На стадии "нулевого цикла" обращают внимание на состояние грунта, наличие источников его загрязнения (остатки захоронений, выгребные ямы, свалки, скотомогильники), дают рекомендации по проведению оздоровительных мероприятий, оценивают возможное влияние строительства на санитарные условия жизни населения, проживающего вблизи строительной площадки. По данным актов на скрытые работы, а также актов относительно оборудования бетонных или железобетонных фундаментов, врач-гигиенист должен убедиться, что гидроизоляционные работы выполнены в соответствии с проектом.

На дальнейших этапах особенно ответственным является контроль за строительством подвального и первого этажей. Важно также проверить соответствие планировки и устройства предусмотренных проектом помещений, а также наличие и соответствие проекту гидроизоляции стен и перекрытий.

В связи с широким применением в современном строительстве синтетических материалов и конструкций из них (особенно при отделке помещений) наибольшее значение имеет контроль за соответствием этих материалов действующим нормативам, а также срокам их использования.

На стадии окончания строительства проверяют и оценивают объекты в целом, дают гигиеническую оценку всех видов работ, в том числе по благоустройству территории, ее озеленению. Проверяют, есть ли отмостка вокруг здания и пр.

Обращают внимание на соблюдение последовательности выполнения строительных работ, так как игнорирование некоторых чисто технологических требований может привести к серьезным санитарно-гигиеническим нарушениям. Например, если начать основное строительство до окончания подготовительных работ (дренаж, подведение коммуникаций к зданию) или возвести стены до установления перекрытия над этажом, или начать отделочные работы до оборудования кровли над отдельными помещениями, то в помещении может быть слишком сыро, а подвал может подтапливаться и др.

На всех этапах контроля особое внимание обращают на выполнение скрытых работ, так как во время приемки объекта в эксплуатацию нет возможности полностью обнаружить недостатки и отклонения от гигиенических требований и проекта. Скрытые работы контролируют по актам, которые хранят на объекте и представляют по первому же требованию СЭС. Дополнительным материалом для этого могут служить записи в рабочем журнале строительства, журна-

ле авторского и технологического контроля заказчика. Для проверки качества скрытых работ можно требовать, чтобы вскрыли отдельное оборудование (например, перекрытие пола, вентиляционных каналов и др.).

Проверке подлежит значительный перечень скрытых работ, от качества выполнения которых в дальнейшем будут зависеть условия внутренней среды помещения: выполнение гидроизоляции фундамента, стен (особенно из больших панелей), перекрытий и перегородок (в санитарных узлах и других помещениях с влажным режимом), кровли (бесчердачные перекрытия и др.).

После каждого санитарного обследования объекта в процессе строительства или реконструкции составляют детальный акт, который в обязательном порядке подписывают представители строительной организации. В акте дают санитарно-гигиеническую характеристику и оценку комплекса работ контролируемого этапа строительства. Кроме того, в акте должны быть перечислены все выявленные дефекты, отклонения от нормы и изменения, указано санитарное значение каждого из них. Акт заканчивают рекомендациями мероприятий по предупреждению возможного неблагоприятного последствия нарушений, указывают фамилии должностных лиц, ответственных за выполнение предписаний, изложенных в актах.

Материалы актов передают строительной и проектной организациям, а также заказчику. Один экземпляр каждого акта хранится в СЭС. В СЭС на каждый строящийся, восстанавливаемый или реконструируемый объект заполняют "Карту предупредительного санитарно-эпидемиологического надзора объекта строительства (реконструкции объекта)" (форма 305/У). Особое внимание обращают на заполнение всех строчек в паспортной части формы. В эту карту заносят данные и даты обследования, а также присоединяют акты обследований, переписки, данные лабораторных исследований и др. Карту ведут вплоть до введения объекта в эксплуатацию.

При дальнейших плановых или внеочередных посещениях объекта проверяют устранение недоделок и выполнение указанных в акте рекомендаций.

Если в процессе строительства, реконструкции или капитального ремонта выявлены значительные отклонения от гигиенических, санитарно-противоэпидемических норм, а также использование нестандартных строительных материалов и конструкций, низкое качество выполнения работ, пренебрежение мероприятиями по охране окружающей среды и т. п., составляют протокол о санитарном нарушении по установленной форме, указав, по чьей вине допущены нарушения. В письменной форме требуют устранить указанные нарушения.

Если выявленные нарушения санитарных норм и правил не устраняются, санитарно-эпидемиологическая служба может вынести постановление о приостановлении строительства.

Прием в эксплуатацию жилых и общественных зданий осуществляется двумя комиссиями — рабочей и государственной, которые создаются в соответствии с действующими законодательными и строительными нормами Украины: Постановления Кабинета Министров № 990 от 06.12.1993 г. и № 332 от 23.05.1994 г.; ДБН А.3.1-3-94 "Приемка в эксплуатацию завершенных строительством объектов. Основные положения"; "Инструкции о порядке приемки в

эксплуатацию законченных строительством объектов государственного заказа, № 449", утвержденного Главным санитарным врачом Украины 05.08.1992 г. Рабочую комиссию назначает заказчик, государственную — местные органы самоуправления. Участие СЭС в работе обеих комиссий обязательно.

Первый этап деятельности рабочей комиссии состоит в рассмотрении представленной документации, перечень которой регламентирован: а) перечень строительных организаций, принимающих участие в строительстве; б) комплект рабочих чертежей на строительство данного объекта; в) сертификаты, технические паспорта, технические условия, согласованные с МЗ Украины, или другие документы, свидетельствующие о качестве строительных материалов и конструкций; г) акты на скрытые работы; д) акты гидравлических испытаний и приемка систем внутреннего водопровода, канализации, горячего водоснабжения, газоснабжения, центрального отопления; е) акты приемки наружных сетей теплоснабжения, водоснабжения, канализации, газоснабжения; ж) акты приемки систем вентиляции; з) журналы выполнения работ, в которых представители технического надзора записывали все нарушения, наблюдаемые в процессе строительства; и) акты приемки сетей электроснабжения, радиофикации и телефонизации.

Затем проводят осмотр объекта. Оценивают степень благоустройства участка, готовность спортивных и хозяйственных площадок, проверяют наличие отмостки вокруг здания, характер освещения территории, организацию подъездных путей и степень озеленения участка. Помещения здания осматривают выборочно. Особое внимание обращают на то, как расположено санитарно-техническое оборудование (бойлерные, насосы, приемные камеры мусоропроводов, санитарные узлы и др.).

Используют также лабораторные методы исследования, что позволяет комиссии объективно оценить качество строительства и эффективность работы санитарно-технического оборудования, а также проводить пробные пуски систем. В некоторых случаях приходится вскрывать оборудование, конструкции и т. д. Выявленные недостатки заносят в дефектную ведомость, определяют сроки их устранения.

По результатам работы составляют акт о готовности зданий и сооружений к передаче приемной комиссии. Если врач-гигиенист не подписывает акт рабочей комиссии, то главный государственный санитарный врач района направляет заказчику обоснованные материалы о тех недостатках, из-за которых невозможно подписание акта.

Приемка объектов жилищно-гражданского назначения с недоделками не допускается. Лица, виновные в нарушении правил приемки или к этому причастны, несут административную ответственность.

Государственная комиссия начинает работу после устранения недостатков, обнаруженных рабочей комиссией. В акте приемки объекта, являющегося итогом работы государственной комиссии, приводят техническое описание объекта, заключение о соответствии выполнения работ нормам и правилам, оценку качества выполненных работ. Выносят решение о приемке его в эксплуатацию. Акт подписывают все члены комиссии. Если один из членов комиссии, например врач-гигиенист, не соглашается с выводами комиссии, он имеет право не

подписывать акт или отдельно изложить свои соображения. Акт государственной приемной комиссии утверждает исполнительный комитет местного совета или председатель госадминистрации. С момента утверждения акта объект считается введенным в эксплуатацию.

Текущий санитарный надзор проводят согласно плану или по жалобам населения. Особое место в этом занимает контроль за использованием полимерных материалов.

Объект обычно обследует комплексно группа врачей-гигиенистов с привлечением инженеров. Кроме визуальных методов, ознакомления с документацией, проводят инструментальные измерения, отбирают пробы для лабораторных исследований, используют различные расчеты. По результатам обследования составляют акт (форма 315/У), копию которого хранят в СЭС. Для облегчения контроля за выполнением предписаний основные положения акта заносят в специальную карту по форме 307/У — "Карту объекта текущего санитарно-эпидемиологического надзора".

Во время проведения текущего санитарного надзора можно использовать метод опроса населения, проживающего на обследуемом объекте, а также физиологические, санитарно-статистические и эпидемиологические методы исследований. Санитарно-статистические методы особенно часто применяют во время контроля за последствиями использования полимерных материалов в строительстве жилых и общественных зданий.

Результаты обследований сравнивают с действующими гигиеническими нормами, данными опросов, а также результатами изучения заболеваемости живущих или работающих в этих зданиях.

На основании комплексной оценки данных делают заключение о санитарном состоянии объекта и обосновывают конкретные оздоровительные мероприятия.

Инструментальные и лабораторные методы, используемые при проведении санитарного надзора. При оценке микроклиматических условий помещений определяют температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха, а также температуру ограждающих поверхностей (пол, потолок, наружные и внутренние стены, остекление) и радиационный режим в помещении (табл. 136).

При текущем надзоре микроклимат контролируют выборочно — в торцевых и рядовых жилых секциях (палатах), отдельных функциональных помещениях, имеющих различную ориентацию и расположенных на разных этажах. В зависимости от цели делают как эпизодические измерения, так и динамические наблюдения, которые проводят с помощью регистрирующих приборов: термографов, гигрографов и т. д. Для оценки микроклимата помещений необходимо иметь данные о наружных метеорологических условиях по тем же параметрам: температура, влажность, скорость движения воздуха. В помещении должны проводиться измерения при наружных температурах, приближенных к расчетным для данных климатических условий.

Расчетные параметры наружного воздуха — температура, скорость движения, барометрическое давление для некоторых населенных пунктов — приведены в СНиПе "Отопление, вентиляция и кондиционирование".

ТАБЛИЦА 136

Условия контроля параметров микроклимата

Параметр	Расстояние от пола, м	Место определения	Прибор
Температура воздуха	0,5—1 м для детей и 0,05—1,5 м для взрослых	В центре комнаты, в наружном углу на рас- стоянии 0,2 м от стены	Термометр (ртутный или спиртовой)
Относительная влажность	0,5—1 м для детей и 0,05—1,5 м для взрослых	В центре комнаты	Аспирационный психрометр
Температура ограждений		В 2—3 точках	Электротермометр, термопара
Скорость движения воздуха	0,05—1,5 м 0,5—1 м	В центре комнаты	Кататермометр, анемометр

В летний период замеры осуществляют при закрытых, а также открытых окнах, в те же самые часы, что и в зимний период.

При текущем санитарном надзоре за общественными зданиями инструментальные исследования качества воздуха проводят, как правило, для объективной оценки вентиляционного оборудования и режима его эксплуатации или для косвенной характеристики конструкций здания, особенно в том случае, если они изготовлены из полимерных материалов, а также для контроля режима дезинфекции (за бактериологическими показателями).

Инструментальные исследования проводят в зависимости от функционального назначения помещения в соответствии с методиками, используемыми в коммунальной гигиене, а также в гигиене труда.

Но методика контроля качества воздуха в закрытых помещениях жилищно-гражданского назначения имеет некоторые особенности:

а) пробы воздуха отбирают в центре помещения на высоте 1,5 и 0,8 м от пола при закрытых окнах и дверях до проветривания после нагрузки, характерной для обследуемого помещения, а также после 30 мин проветривания. Одновременно определяют объем воздуха, удаляемого через вентиляционные каналы;

б) в помещениях, оборудованных газовыми горелками, — после 30-минутного проветривания и после сжигания газа в течение 1 ч при полной нагрузке приборов;

в) для повышения точности исследования в каждой точке отбирают не менее двух проб.

Степень загрязнения оценивают методом сравнения полученных данных с ПДК. Поскольку в воздухе закрытых помещений одновременно могут содержаться несколько загрязнителей, а большинство из них имеет эффект суммации, показатель суммарного загрязнения рассчитывают по методу сложения отношений выявленных концентраций к соответствующим ПДК.

Кроме химического, оценивают и бактериологическое загрязнение воздуха помещений. Его определяют по общепринятым в санитарной бактериологии методам.

РАЗДЕЛ
VII
**ГИГИЕНА ПЛАНИРОВКИ
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ**

**Гигиеническое значение планировки,
застройки и благоустройства населенных мест**

Гигиена планировки населенных мест является одним из ведущих разделов коммунальной гигиены. Он интегрирует ряд важных заданий градостроительства и благоустройства городских и сельских поселений, которые направлены на обеспечение благоприятных условий жизни и охраны здоровья населения. Планировка, застройка и благоустройство новых и реконструкция существующих населенных пунктов охватывают широкий комплекс взаимосвязанных социально-экономических, архитектурно-планировочных, инженерно-строительных, экологических и санитарно-гигиенических вопросов. Их своевременное и полноценное решение предусматривает рациональное расселение населения, организацию и функциональное зонирование территории поселений, достаточное инженерное упорядочение и благоустройство, что в конечном счете должно создать надлежащее жизнеобеспечение, оптимальные условия быта, отдыха, общественной и профессиональной деятельности людей.

Все это требует разработки и научного обоснования гигиенических нормативов, внедрения строительных норм и правил, соблюдения санитарных требований к выбору территории под населенные пункты, их дальнейшей застройке и благоустройству. Благоустройство и инженерное оборудование городов, поселков и сел предполагает в первую очередь их централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение, водоотведение, санитарную очистку, озеленение; культурно-бытовое и медицинское обслуживание населения, охрану окружающей среды и др.

Если гигиенические нормы и санитарные требования к выбору территории под населенные места и ее организации не соблюдены, недостаточно учтены местные природно-климатические условия, экологическая и эпидемическая ситуация, и их возможное развитие, допущены отклонения от планов, утвержденных сроков строительства и благоустройства населенных мест, в перспективе возможны отрицательные изменения условий жизнедеятельности населения. Возможно ухудшение состояния общественного здоровья на уровне демографических показателей и распространение среди населения ряда инфекционных и неинфекционных заболеваний. Именно это и определяет важное гигиеническое и социальное значение комплексной планировки, рациональной

застройки, создания надлежащей инфраструктуры и полноценного инженерного благоустройства городских и сельских поселений.

Особенно сложным является решение указанных заданий в условиях урбанизированных городов и промышленных агломераций, характеризующихся высокой концентрацией промышленности и населения, значительным количеством транспорта, неудовлетворительной планировкой территории относительно взаиморасположения селитебных и промышленных зон, недостаточным уровнем благоустройства и неудовлетворительным экологическим состоянием. Очевидно, удельный вес влияния на условия жизни и здоровье населения различных факторов окружающей и производственной среды на таких территориях является значительным. Например, на территории Приднепровского экономического региона, который занимает одно из первых мест по уровню загрязнения и денатурации окружающей среды, при общем количестве населения 3,6 млн человек 86% проживают в городах. Это Кривбасе, Западный Донбасс, Никополь-Марганецкий бассейн, Днепропетровско-Днепродзержинская агломерация и др. Здесь ежегодно образуется свыше 800 тыс. т вредных атмосферных выбросов, в водоемы бассейна Днепра сбрасывается около 2 млрд м³ промышленных и коммунальных сточных вод (а это 32% общего объема сточных вод, образуемых в Украине). Накапливается почти 80 млн т промышленных отходов, третья часть которых — токсичные. При таких условиях оздоровление окружающей среды и улучшение качества сферы проживания населения являются наиболее важной гигиенической проблемой.

Таким образом, обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности населения и охрана общественного здоровья непосредственно связаны с комплексной разработкой архитектурно-планировочных, инженерно-строительных и эколого-гигиенических мероприятий и осуществлением государственного санитарного надзора за планировкой, застройкой и благоустройством городских и сельских поселений.

Общие основы и гигиенические принципы планировки населенных мест. Районная планировка и ее гигиеническое значение

При проектировании населенных мест следует учитывать законы страны и региональные программы по разрешению наиболее важных социальных, архитектурных, экономических, экологических и гигиенических проблем.

Городские и сельские поселения необходимо проектировать как элементы единой системы расселения страны с учетом территориально-административного деления, социально-экономического и природного градостроительного районирования.

Строительство или реконструкцию населенных мест осуществляют на основании региональных планов развития и размещения продуктивных сил и схем расселения, проектов районной планировки, генеральных планов городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов. Учитывают также тер-

риториальные комплексные схемы охраны природы и другие документы, которые всесторонне отражают современное состояние и перспективу развития того или иного населенного пункта, промышленной агломерации или экономического региона.

Обычно региональные планы развития системы расселения ориентируются на уже сложившуюся сеть городских и сельских поселений. К ним относятся как существующие промышленные агломерации, так и формирующиеся. Значительно реже возникает необходимость в проектировании новых поселений, предусмотренных в связи с расположением промышленных предприятий, разработкой полезных ископаемых или же вследствие отселения населения из существующих или потенциальных зон катастрофы, экологического бедствия и др.

Реконструкцию населенных мест, строительство новых городов и поселков осуществляют в соответствии с генеральными планами и проектами застройки. Их разрабатывают проектные организации при участии специалистов разного профиля (архитекторов, экономистов, социологов, экологов, инженеров, гигиенистов и др.).

Основными принципами генерального плана являются определение перспектив развития экономической базы и расчет численности населения, планирование взаимосвязанной и комплексной структуры всех функциональных элементов, инженерного оборудования и благоустройства, озеленение территории, чередование городского строительства.

Выбору территории для поселения предшествуют углубленное изучение и анализ местных природных и экологических условий и эпидемиологической ситуации, сравнение технико-экономических, архитектурно-планировочных и санитарно-гигиенических показателей мест перспективной застройки.

Обязательными являются разработки прогноза развития городов и поселков, их социально-экономической базы, всесторонний учет градообразующих факторов, определение перспективной численности населения. Градообразующими факторами считают те хозяйственные элементы, которые непосредственно обуславливают развитие существующих или строительство новых городов и поселков. Это промышленные и сельскохозяйственные предприятия, объекты внешнего транспорта, склады и базы материально-технического снабжения, строительно-монтажные организации, административные, научно-исследовательские и культурно-просветительские учреждения и др.

Все население города или поселка, в зависимости от участия в общественном производстве и характера трудовой деятельности, складывается из следующих групп:

1) основной, или *градообразующей*, группы, состоящей из работающих на градообразующих предприятиях и в учреждениях;

2) *обслуживающей* группы, занятой в коммунальном хозяйстве, торговле, общественном питании, здравоохранении, образовании, культурно-бытовых и других предприятиях местного значения;

3) *несамодостаточной* группы, в которую входят дети дошкольного и школьного возраста, не работающие пенсионеры, инвалиды, лица, занятые в домашнем хозяйстве, студенты дневных отделений вузов, техникумов, колледжей и пр.

Проектируемую численность населения городов и сел рассчитывают, исходя из численности градообразующей группы. Для новых городов и сел численность градообразующей группы принимается на первую очередь строительства не менее 40% и на расчетный период — не более 35% от проектной численности населения. При реконструкции населенных пунктов численность этой группы зависит от народнохозяйственного профиля, возрастной структуры населения, его профессиональной занятости, уровня обслуживания и других местных особенностей. Ее рассчитывают по методу трудового баланса по формуле:

$$H = 100A / (T - a - B - П + т - Б),$$

где H — перспективное количество населения; A — абсолютная численность градообразующей группы; T — численность трудоспособного населения (%); a — численность населения трудоспособного возраста, занятого в домашнем и личном подсобном хозяйстве (%); B — численность учащихся трудоспособного возраста, обучающихся с отрывом от производства; $т$ — численность работающих пенсионеров (%); $П$ — численность неработающих инвалидов трудоспособного возраста (%); $Б$ — численность обслуживающей группы населения (%).

Расчет перспективной численности населения города или поселка имеет большое гигиеническое значение, так как на его основе определяют необходимые для развития населенного пункта размеры жилой территории, рассчитывают количество воды для хозяйственно-питьевых целей, объем жилищного и культурно-бытового строительства, определяют достаточность обеспечения лечебно-профилактическими учреждениями и др.

При определении перспектив развития населенных пунктов, в том числе и расчета численности населения, учитывают, к какой группе населенных мест они относятся. В соответствии с Государственными строительными нормами и правилами по планировке и застройке городских и сельских поселений города, поселки и сельские населенные пункты подразделяются на группы, исходя из проектной численности жителей (табл. 137).^{****}

Широкий перечень задач, освещаемый в генеральном плане населенных мест, свидетельствует о большом гигиеническом значении такого плана как главного градостроительного документа. Поэтому крайне необходимо придерживаться регламента его разработки и согласования. Важное место при этом имеют тщательная оценка решений, касающихся условий жизни населения и охраны окружающей среды, выполнения гигиенических норм и санитарных требований к планировке и благоустройству населенных мест.

Гигиенические нормативы и санитарные требования, учитываемые при планировке населенных мест, касаются таких основных вопросов, как выбор территории для развития существующих и строительства новых городов и поселков; функциональное зонирование и организация территории жилых районов и микрорайонов, промышленной и коммунально-складской зоны; создание санитарно-защитных зон; устройство централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоотведения; санитарная очистка территории; охрана окружающей среды; создание сети культурно-бытовых и лечебно-профилактических учреждений; инженерное благоустройство и озеленение.

Классификация населенных мест

Группа поселений	Количество населения	
	Городов	Сельских поселений
Крупнейшие	Свыше 1 000 000	
Крупные	Свыше 500 000 — до 1 000 000	Свыше 5000 Свыше 3000 до 5000
Большие	Свыше 250 000 до 500 000	Свыше 1000 до 3000 Свыше 500 до 1000
Средние	Свыше 100 000 до 250 000 Свыше 50 000 до 100 000	Свыше 200 до 500
Малые*	Свыше 20 000 до 50 000 Свыше 10 000 до 20 000 До 10 000	Свыше 50 до 200 До 50

* В группу малых городов включаются поселки городского типа.

Таким образом, планировка и застройка населенных мест предусматривают комплексное решение социально-экономических, архитектурно-строительных, инженерно-технических и взаимосвязанных санитарно-гигиенических заданий, целью которых является обеспечение здоровых условий для жизни населения.

Перспективное планирование развития и размещения производительных сил позволяет научно обосновать прогнозы развития не только отдельных городов и поселков, но и группы взаимозависимых населенных мест, так называемых групповых систем расселения. Эти планы воплощают в жизнь при реализации *проектов районной планировки*, которые составляются для территории экономических регионов или административных районов, а также территориально-производственных комплексов (ТПК).

Районная планировка — это комплекс взаимосвязанных социально-экономических, инженерно-технических, санитарно-гигиенических и архитектурно-планировочных мероприятий, обеспечивающих наиболее целесообразное расселение населения и размещение на территории всех отраслей народно-хозяйства в целях комплексного развития производительных сил, эффективного использования природных и других ресурсов, создания благоприятных условий для производительного труда, быта, отдыха, всестороннего развития личности, оздоровления условий жизни населения, развития спорта и туризма и охраны окружающей природной среды.

Наиболее важные задачи районной планировки — улучшение и оздоровление условий жизни населения. Решению этих задач способствуют: рациональное расположение предприятий и других объектов, которые могут быть источниками неблагоприятного влияния на условия жизни и здоровье населения; развитие городов и поселков на наиболее благоприятных территориях; инженерное оборудование, благоустройство, обводнение и озеленение; создание системы обслуживания населения и организация отдыха.

Работы по районной планировке выполняют проектные институты в соответствии с Государственными строительными нормами и правилами по планировке и застройке городских и сельских поселений. Согласно "Положению о государственном санитарном надзоре" проекты районной планировки должны согласовываться с органами санитарно-эпидемиологической службы, что позволяет предусмотреть комплекс мероприятий по оздоровлению условий жизни населения на территории района.

К этим мероприятиям относятся:

- функциональное зонирование территории района с учетом комплексной характеристики природно-климатических условий и состояния окружающей среды;
- мелиорация территории, осушение или обводнение района;
- выбор площадей для застройки новых и расширения существующих промышленных, сельскохозяйственных и аграрно-промышленных комплексов или отдельных предприятий с учетом санитарно-гигиенических требований;
- охрана и улучшение окружающей среды в городах, поселках и сельских населенных пунктах;
- разработка прогноза развития существующих городов и строительства новых;
- развитие централизованных систем водоснабжения и водоотведения отдельных городов и поселков, а также групповых систем водоснабжения и канализации (для групп предприятий, населенных мест);
- развитие существующих и строительство новых объектов и баз для кратковременного и длительного отдыха населения;
- разработка прогноза развития санаторно-курортных учреждений, определение границ округов и зон санитарной охраны курортов.

Функциональное зонирование территории района проводят в целях наиболее рационального распределения территории для промышленного и сельскохозяйственного строительства, развития населенных пунктов, организации зон отдыха и выделения охраняемых участков ландшафта. Такое зонирование выполняют на основании характеристики и оценки природно-климатических условий, анализа социально-экономических и санитарно-гигиенических факторов. Результаты оценки зонирования обычно представляются в виде серии схем по отдельным факторам (пофакторная оценка) и комплексной схемы оценки территории.

В проектах районной планировки выделяют следующие типы функциональных зон:

- 1) перспективного городского строительства;
- 2) ограниченного развития городских поселений;
- 3) преимущественного развития сельского хозяйства;
- 4) массового отдыха (рекреационная);
- 5) санаторно-курортная.

Для каждой функциональной зоны устанавливают определенный режим использования территории, который нужно соблюдать как при проектировании, так и реализации предложений.

В зонах интенсивного хозяйственного освоения предусматривают развитие существующих промышленных производств и городских поселений, а также выделяют резервные территории для промышленного и гражданского строительства. Здесь же размещают наиболее важные транспортные и коммунально-складские сооружения, объекты интенсивного пригородного сельского хозяйства. Одновременно эти зоны должны включать и большие площади озеленения, которые можно использовать как загородные парки, лесо- и лугопарки, санитарно-защитные и водоохранные зоны.

Режим использования территории, установленный в зонах ограниченного развития городских поселений, предусматривает прекращение нового промышленного строительства, вынос части производства за границы зоны, а также проведение ряда мероприятий по реконструкции населенных мест и оздоровлению окружающей среды.

Режим использования территории в зонах преимущественного развития сельского хозяйства не должен обуславливать значительное отчуждение сельскохозяйственных земель, а также загрязнение почвы, грунтовых вод и поверхностных водоемов. К

В рекреационных зонах режим использования территории предусматривает развитие разных видов загородного отдыха и туризма, проведения лесонасаждений. Здесь должно быть ограничено городское строительство. Не допускаются применение в сельском хозяйстве пестицидов и гербицидов, развитие отдельных видов животноводства и осуществление мелиоративных работ, которые могут нарушить экологическое равновесие и эстетичный вид природного ландшафта.

Наиболее строгий режим использования территории должен устанавливаться в санаторно-курортных зонах. В последних запрещено сооружение новых и расширение действующих промышленных предприятий и других объектов, непосредственно не предназначенных для удовлетворения нужд населения и отдыхающих.

В проекте районной планировки даются предложения по развитию существующих и строительству новых городов и поселений, прогноз развития отдельных населенных мест и групповой системы расселения.

Гигиеническая оценка этих предложений должна проводиться с учетом требований по ограничению роста больших городов и мегаполисов, развития небольших и средних, укрупнения сельских населенных пунктов. Важно также оценить санитарно-гигиенические условия развития населенных мест: наличие резервных территорий, возможность обеспечения водой для хозяйственно-питьевых и производственных нужд, выполнение мероприятий по охране и улучшению окружающей среды.

Расположение новых и развитие существующих городов и поселков должны осуществляться комплексно для группы взаимозависимых городов и других населенных мест в целях создания систем расселения, основанных на хозяйственных связях. В этих системах расселения необходимо предусматривать комплексные мероприятия по охране и улучшению природной среды, общие инженерно-технические сооружения, научно-культурные центры, места отдыха и туризма (рекреационные зоны).

В проекте районной планировки должны быть предусмотрены мероприятия по охране и улучшению окружающей среды в городах, поселках и сельских населенных пунктах района. Эти мероприятия разрабатывают на основании характеристики и оценки современного состояния окружающей среды, перспектив развития существующих предприятий и сооружений и строительства новых, которые могут неблагоприятно влиять на условия жизни и здоровье населения.

Давая гигиеническую оценку размещения новых и развития существующих промышленных и сельскохозяйственных объектов, врач-гигиенист должен учитывать требования, выполнение которых позволит уменьшить неблагоприятное влияние этих объектов:

- равномерное размещение предприятий на территории зон интенсивного хозяйственного освоения;
- тщательную и полную оценку фоновое состояния окружающей среды (атмосферного воздуха, водоемов и почвы) и прогнозных расчетов, характеризующих изменения, связанные со строительством новых или расширением существующих предприятий. Реальность и эффективность предусмотренных мероприятий по снижению концентрации вредных веществ в окружающей среде, а также уменьшению уровней шума, вибрации и плотности потока электромагнитной энергии;
- наличие резервных площадей, необходимых для развития промышленных и сельскохозяйственных предприятий и организации санитарно-защитных зон;
- возможность обеспечения предприятий района водой без ущерба для других потребителей;
- возможность выполнения условий отведения сточных вод в водные объекты;
- наличие предложений по комплексной переработке и использованию сырья и отходов;
- эффективность и реальность мероприятий по защите населения района от шума мощных источников (аэродромы, моториспытательные стенды и т. д.).

Необходимо также иметь в виду, что выбор участков для строительства предприятий должен проводиться в соответствии со схемами развития и размещения отраслей народного хозяйства и производительных сил на территории района.

В проекте районной планировки значительное место занимает организация мест массового отдыха населения и лечебно-оздоровительных учреждений. Поэтому врач-гигиенист должен дать гигиеническую оценку предложений по развитию существующих и строительству новых учреждений и баз для кратковременного и длительного отдыха населения.

Территория для организации мест массового отдыха населения (рекреационная зона) должна иметь благоприятные природные и санитарно-гигиенические условия, т. е. располагаться в живописных местах, вдали от источников загрязнения и иметь удобные транспортные связи с населенными пунктами.

Режим использования территории рекреационных зон допускает развитие разных видов загородного отдыха и туризма (лесопарки, спортивные и загород-

ные базы, пляжи, водные станции, рыболовные базы) ограничение городского строительства. На этих территориях должны проводиться работы по восстановлению природных ресурсов, рекультивации участков, поврежденных в процессе народнохозяйственной деятельности, сохранению и восстановлению лесов, других видов растительности, укреплению оврагов, берегов водоемов.

Предусмотрены также мероприятия по охране водных объектов, предотвращению их загрязнения, регулированию и расчистке рек и водоемов, созданию систем упорядоченных прудов и водоемов.

Оценивая режим использования территории рекреационной зоны, необходимо обращать внимание на принятые в проекте нормативы величины рекреационных территорий и расчеты вместимости разных мест отдыха и туризма.

Для мест длительного отдыха (дома отдыха, пансионаты, летние городки, кемпинги, туристические базы и детские оздоровительные лагеря) должны быть предусмотрены большие площади и оптимальные природные условия. Эти учреждения обычно располагаются в пригородных зонах или на участках, непосредственно предназначенных для этого в зонах отдыха, на участках с красивым ландшафтом.

Если на территории района имеются ценные природно-климатические, гидроминеральные или другие лечебные факторы, в проекте районной планировки выделяют зоны санаторно-курортного строительства. В соответствии с "Инструкцией по планировке и застройке курортов и зон отдыха" целесообразно строить санаторно-курортные учреждения, дома отдыха, пансионаты и базы отдыха преимущественно большими комплексами. Для таких комплексов разрабатывают проекты планировки курортных районов.

Для планировки курортных районов существенное значение имеют: медицинское зонирование территории и создание зон санитарной охраны курорта; взаиморасположение лечебно-оздоровительных, жилых, культурно-бытовых и производственных зданий и сооружений; организация водоснабжения, канализации и санитарной очистки территории. Медицинское зонирование является основой планировки курортного района, так как оно определяет границы санаторно-курортных территорий в зависимости от характера лечебных факторов (профиль и объем курортных комплексов и всего курортного района; оптимальное размещение каждой группы учреждений).

В условиях районной планировки можно наиболее рационально решать вопросы организации хозяйственно-питьевого водоснабжения, создания групповых систем водоснабжения, охраны водоемов от загрязнения. Поэтому важно обосновать гигиенические требования к перспективам развития водоснабжения района в целом, санитарной оценке существующих и перспективных условий водоснабжения населенных мест или промышленных предприятий. Значительное место в районной планировке следует отводить вопросам водоотведения населенных пунктов и очистке сточных вод, исходя из местной санитарной ситуации. При этом важными являются строительство групповых систем канализации, использование очищенных сточных вод для орошения сельскохозяйственных угодий.

Обязательным разделом районной планировки является организация санитарной очистки с учетом наиболее рациональных и эффективных методов обез-

вреживания и утилизации бытовых и промышленных отходов, согласно санитарной ситуации и перспективам развития района.

Таким образом, комплексное и рациональное решение разнообразных архитектурно-планировочных, инженерно-строительных, эколого-гигиенических проблем при разработке проектов районной планировки и на их основе дальнейшей разработки генеральных планов строительства населенных мест или проектов детальной планировки застройки и благоустройства жилых, промышленных районов при соблюдении гигиенических требований позволит обеспечить наиболее благоприятные условия жизни населения.

Гигиенические требования к выбору территории для размещения населенных мест. Значение природно-климатических условий и состояния окружающей среды

Выбор территории для строительства, расширения или реконструкции городских и сельских поселений является одной из ответственных стадий предупредительного санитарного надзора. Следует отметить, что от правильности решения этого вопроса зависят дальнейшие условия жизни и здоровье населения. Поэтому для размещения, проектирования и строительства населенных пунктов, их отдельных частей или объектов выбирают наиболее благоприятные в санитарно-гигиеническом отношении территории.

Территория для населенного пункта в целом или для его отдельных составных частей должна отвечать определенным гигиеническим требованиям и строительным регламентам по количественным и качественным характеристикам. Концептуальным при этом должно быть положение, что выбор территории для поселения осуществляют на далекую перспективу (на 25 лет и более) с целью обеспечить здоровые условия для населения. Прежде всего, должна быть соответствующая территория или земельный участок, размер которого будет достаточным для размещения всех видов и объектов планировки и застройки. Важно также иметь резерв территории для дальнейшего строительства и развития населенного пункта, размещения его инфраструктуры (объектов и учреждений обслуживания населения).

Выбирая территорию под населенный пункт, большое внимание следует уделять анализу и гигиенической оценке местных природных условий: климату и микроклимату, рельефу местности, наличию грунтовых и межпластовых вод, открытых водоемов, зеленых массивов и пр. Важно также учитывать санитарно-гигиеническую, экологическую и эпидемическую ситуации, сложившиеся на той или иной территории. Исходя из этого, при планировке населенных мест важно максимально использовать природные условия и полностью избежать отрицательного влияния различных антропогенных факторов.

Территория Украины имеет три физико-географических района, разделяющихся на климатические зоны, которые в свою очередь имеют подзоны с разными климатическими, ландшафтными и другими особенностями (табл. 138).

Общая характеристика климатических зон

Физико-географические районы	Климатические зоны	Среднемесячная температура воздуха в январе, °С	Среднемесячная температура воздуха в июле, °С	Средняя скорость воздуха за 3 зимние месяца, м/с	Среднемесячная относительная влажность воздуха в июле, %
I	НА	От -4 до -14	От +8 до +12	5 и более	Свыше 75
	МБ	От -3 до -5	От +12 до +21	5 и более	Свыше 75
	ИБ	От -4 до -14	От +12 до +21		
	ИГ	От -5 до -14	От +12 до +21	5 и более	Свыше 75
II	ША	От -14 до -20	От +2 до +25	Не учитывается	Не учитывается
	ШБ	От -5 до +2	От +21 до +25	Не учитывается	
	ШВ	От -5 до -14	От +21 до +25	Не учитывается	
III	IVA	От -10 до +2	От +28 и выше	Не учитывается	50 и более в 13.00
	IVB	От +2 до +6	От +22 до +28	Не учитывается	
	IVB	От 0 до +2	От +25 до +28	Не учитывается	
	ivг	От -15 до 0	От +25 до +28	Не учитывается	

Эти особенности учитывают как при выборе территории для населенных мест, так и при планировке, застройке или благоустройстве. Климатическое районирование территории учитывают также при установлении дифференциальных требований к важным градостроительным показателям. На рис. 135 изображено физико-географическое районирование территории Украины.

Гигиеническая оценка природно-климатических условий. Климат существенно влияет на условия жизни и здоровье населения. Физиологические функции организма человека, интенсивность обменных и биохимических процессов, физическое развитие и трудоспособность во многом зависят от климатических условий. С климатом связаны и некоторые заболевания, в основе которых лежат так называемые метеотропные реакции сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, нервно-психической сферы. Значение климата для санитарных условий жизни населения обусловлено и тем, что комплекс метеорологических факторов (температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, интенсивность солнечной радиации) может влиять на процессы рассеивания выбросов промышленных предприятий и выхлопных газов в атмосферном воздухе. Он может воздействовать на эффективность многих природных биологических методов очистки сточных вод, обезвреживания бытовых и промышленных отходов. Большую роль играет климат и в эпидемиологии заболеваний.

Всесторонняя оценка климатических условий необходима для решения различных вопросов, связанных с планировкой населенных мест и организацией застройки, озеленением и обводнением, ориентацией сооружений, расчетом отопления и др.

Климатические особенности, свойственные ограниченным пространствам, называют *микроклиматом*. Он может изменяться на ограниченном расстоянии в зависимости от рельефа (северный или южный склон, низменность или возвы-

Большое значение имеет ветровой режим территории, который характеризуется скоростью и направлением воздушного потока и в первую очередь определяет размещение жилой и промышленной застройки, организацию СЗЗ (санитарно-защитных зон), виды озеленения территорий.

Для гигиенической оценки ветрового режима используют объединенные данные о сезонной и годовой повторяемости направлений ветра по основным румбам, преобладающую скорость ветра в холодное и теплое время года, а также данные об удельном весе случаев штилевого состояния атмосферы, что является особо неблагоприятным для рассеивания выбросов промышленных предприятий и выхлопных газов автотранспорта. Среднегодовая скорость ветра, среднее за год направление воздушного потока (так называемая роза ветров) не могут служить достаточной характеристикой ветрового режима. Ориентация исключительно на них при выборе территории приводит к серьезным ошибкам в размещении промышленных объектов и жилых районов. Оценивая ветровой режим, важно учитывать местные особенности рельефа и ландшафта, которые могут изменять направление и скорость ветра. Так, в узких низменностях скорость ветра выше, чем на равнинах. В предгорьях резко изменяется направление воздушных потоков. Ветровой режим на территории города изменяется в зависимости от его застройки и благоустройства. В больших городах возникают местные потоки воздуха, часто противоположные относительно господствующих в данном районе. В этом случае ветер может способствовать переносу загрязнений атмосферного воздуха из окраинных, обычно промышленных, районов в центр города. Оценивая ветровой режим территории, врач-гигиенист должен помнить и о том, что ветер существенно влияет на тепловое состояние организма человека, особенно в сочетании с отрицательной температурой воздуха.

Большое значение имеют влажность воздуха и атмосферные осадки. Влажность воздуха характеризуется количеством водяного пара, содержащегося в нем, и зависит от многих процессов, происходящих в земной атмосфере: циркуляции воздушных масс; испарения влаги с поверхности водоемов, почвы, льда, снега; температуры воздуха и атмосферного давления; интенсивности солнечной радиации, а также от местных условий — характера почвенного покрытия, зеленых насаждений. С влажностью воздуха связано образование туманов, наиболее часто наблюдаемых в утренние часы летом и при снижении температуры воздуха зимой. Туманы неблагоприятно влияют на рассеивание загрязнений атмосферного воздуха в приземном слое. Кроме того, они поглощают значительную часть биологически активной солнечной радиации, которая отрицательно сказывается на санитарных условиях жизни населения. Интенсивность и продолжительность атмосферных осадков нужно оценивать также в процессе жилищного и гражданского строительства, так как длительные и частые дожди, особенно в сочетании с ветром, приводят к перенасыщению влагой стен зданий. Поэтому важно предусмотреть мероприятия по уплотнению и гидроизоляции мест соединений конструктивных элементов зданий (особенно при сборном домостроении). Количество осадков учитывают при проектировании и строительстве ливневой канализации и выполнении работ

по вертикальной планировке территории, важными заданиями которых являются обеспечение условий для отведения ливневых и талых вод с территорий застройки, предотвращение заболачивания и появления сырости в зданиях. Характер облачности оценивают в зависимости от ее плотности и высоты (сплошная облачность, высокая, низкая и т. д.). Ее учитывают при расчете естественного освещения помещений, а также условий инсоляции.

Гигиеническую оценку солнечной радиации проводят на основании характеристики всего спектра солнечного излучения, достигающего земной поверхности, т. е. его световой, ультрафиолетовой и инфракрасной (тепловой) частей. Учитывают интенсивность и продолжительность ее влияния. Солнечную радиацию оценивают для разных частей спектра в зависимости от ситуации на территории. Так, для северных районов стран СНГ существенными являются ультрафиолетовая радиация и особенности светового климата. В условиях юга излишняя тепловая радиация в сочетании с высокой температурой воздуха может неблагоприятно влиять на тепловое состояние человека в результате перегрева территории и помещений. Интенсивность ультрафиолетовой радиации, достигающей поверхности земли, в целом определяется географическим положением территории, сезоном и периодом суток. Чем ниже уровень солнцестояния над горизонтом, тем меньший удельный вес ультрафиолетовой радиации, в общем потоке солнечной радиации.

Для учета интенсивности солнечной радиации составляют карты районирования территории по интенсивности ультрафиолетовой радиации в целях обеспечения оптимальных условий излучения. Эти данные следует учитывать при выборе территории для строительства, оценке застройки, благоустройстве и озеленении жилых районов и микрорайонов, выборе типовых проектов жилых и общественных зданий с тем, чтобы обеспечить возможность профилактического действия солнечной радиации и предотвратить перегрев среды проживания человека.

На решение многих вопросов планировки и благоустройства населенных мест значительно влияет рельеф территории. Сложный рельеф затрудняет функциональное зонирование городской территории, выбор участков для промышленных объектов и жилых районов, трассирования улиц и дорог. При значительной разнице высотных отметок частей городской территории усложняется строительство инженерных сетей: водопровод приходится строить с несколькими зонами обслуживания и дополнительными насосными станциями, городскую канализацию нельзя предусматривать самотечной. Слабо выраженный рельеф усложняет отведение атмосферных и талых вод, что часто приводит к затоплению территории, подвальных помещений, появлению сырости в зданиях.

Рельеф играет большую роль в формировании микроклимата городской территории, изменяя температурный, влажностный, радиационный и ветровой режимы. Так, на участки с пониженным рельефом поступает по склонам холодный воздух, создавая так называемые озера холода. Склоны, ориентированные на северную сторону, получают значительно меньше солнечной энергии. Потери ее составляют от 4 до 56% в зависимости от крутизны склона. Как отмечалось, рельеф изменяет направление и скорость ветра.

Рельеф местности существенно влияет и на условия рассеивания вредных выбросов, поступающих в атмосферный воздух. При температурных инверсиях и безветренной погоде в долинах и балках накапливаются атмосферные загрязнения вследствие ухудшения условий для проветривания территории. Наиболее благоприятным для строительства является спокойный рельеф с наклоном от 0,5 до 8%. Это дает возможность устраивать самотечные системы водоснабжения и канализации, в том числе ливневой. Территории с наклоном до 0,5% и 8—15% считаются ограниченно пригодными для жилищно-гражданского строительства, а свыше 15% — непригодными.

Участки территории с неблагоприятным рельефом нуждаются в обязательной инженерной подготовке — так называемой вертикальной планировке. Ее цель — приспособить рельеф к требованиям застройки и благоустройства; создать подсыпкой или выемкой почвы участки для зданий и сооружений; обеспечить удобное и безопасное движение пешеходов и автотранспорта на продольных склонах городских улиц и дорог; устроить системы для стока поверхностных вод. Одним из условий выполнения вертикальной планировки является сохранение естественного рельефа на тех участках территории, где она отвечает требованиям застройки и благоустройства. В последнее время в практике градостроительства широко применяют рельеф для защиты от шума (в качестве естественного шумозащитного экрана), создания живописного силуэта застройки, сооружения подземных и полуподземных автопаркингов (гаражей).

Большое значение в выборе территории для нового или расширения существующего населенного пункта имеют инженерно-геологические и гидрогеологические условия. Поэтому необходимо знать геологический состав, строение почвы, физико-геологические явления (оползни, плавучины, усадочные почвы), режим грунтовых вод и их связь с открытыми водоемами, возможности использования подземных вод для хозяйственно-питьевых целей, санитарно-эпидемиологическую характеристику почвы. Это позволит с гигиенической точки зрения оценить пригодность территории, а также отдельных ее участков для жилищно-гражданского строительства.

Особое значение для гигиенической оценки территории имеют данные о режиме грунтовых вод: их глубине, характере залегания и химическом составе. Эти данные позволяют определить будущую прочность зданий и сооружений, конструкцию их фундаментов, возможности подтопления подвалов и появления сырости в жилых и общественных строениях.

С учетом глубины залегания грунтовых вод выделяют заболоченные и подтапливаемые участки, а также участки с низким стоянием грунтовых вод. Благоприятными для жилищно-гражданского строительства считаются территории, где грунтовые воды залегают на глубине не менее 3 м от поверхности. В этом случае не следует снижать уровень грунтовых вод и прибегать к мерам гидроизоляции. Если безнапорные водоносные горизонты залегают на глубине от 1 до 3 м, предусматривают снижение уровня грунтовых вод и гидроизоляцию зданий и сооружений. Такие территории считаются неблагоприятными для строительства. К особо неблагоприятным по гидрогеологическим условиям относятся территории, где водоносные горизонты залегают на глубине менее 1 м

от поверхности земли. При гигиенической оценке гидрогеологических условий учитывают возможность подъема уровня грунтовых вод после обильного выпадения осадков, также вследствие народнохозяйственной и градостроительной деятельности. Учитывают возможность подпора грунтовых вод при гидротехническом и гидромелиоративном строительстве, вследствие нарушения естественного режима влажности почв после асфальтирования территории и устранения растительного покрова, подтека воды из водопроводных, теплофикационных сетей и ливневой канализации. Имеет значение и химический состав грунтовых вод. Наличие в них кислот и других агрессивных соединений может привести к разрушению фундаментов зданий, раннему изнашиванию инженерных сетей, если не предусмотрены специальные меры и не использованы кислотостойкие марки цементов и других материалов.

При выборе территории для строительства новых городов и поселков, а также для расширения и развития существующих населенных мест важным этапом является оценка состояния источников водоснабжения, которые должны обеспечить потребность населения, промышленных объектов и коммунального хозяйства. Необходимы гигиеническая оценка подземных и поверхностных водоисточников, определение их пригодности и достаточности для обеспечения централизованного хозяйственно-бытового водоснабжения (в соответствии с ГОСТом 2761-84).

Источники водоснабжения выбирают (см. раздел 1) на основании данных о количестве и качестве воды, характеристики населенного пункта, ситуационного плана с обозначением участков предполагаемого водозабора, схемы проектируемого водопровода и методов водоподготовки. Одновременно решают вопрос о возможности организации зон санитарной охраны источника. Обязательно учитывают перспективы развития города, поселка или отдельных объектов, которые плотно связывают с прогнозом количественных и качественных характеристик источников водоснабжения.

Большое значение имеет также оценка возможности использования водоемов для организации массового отдыха населения. К качеству воды водоемов, используемых для рекреационных целей, предъявляют требования согласно существующим санитарным правилам.

Гигиеническая оценка окружающей среды. Выбирая территорию для строительства нового или расширения существующего населенного пункта, врач-гигиенист должен оценить состояние окружающей среды. Это необходимо, прежде всего, в том случае, если населенный пункт или его отдельные районы расположены возле объектов, которые могут загрязнять атмосферный воздух, водоемы и почву или создавать повышенные уровни шума, вибрации и электромагнитных излучений.

Гигиеническую оценку окружающей среды дают на основании результатов исследований, выполненных органами и ведомствами, на которые возложен контроль за состоянием природной среды, а также данных о его влиянии на условия жизни и здоровье населения. Учитывают основные источники загрязнения: промышленные и сельскохозяйственные предприятия и учреждения, электростанции и теплоэлектроцентрали, аэропорты и аэродромы, сооружения

железнодорожного транспорта, скоростные автомагистрали, телецентры, ретрансляторы и радиостанции.

Если территорию для города или поселка выбирают в связи со строительством промышленного узла, территориально-промышленного комплекса или отдельного крупного предприятия, одновременно обосновывают размер СЗЗ и мероприятия по охране окружающей среды.

Гигиеническую оценку загрязнения атмосферного воздуха дают по результатам исследований с учетом климатических и топографических условий территории, а также на основании расчетов рассеивания выбросов в атмосферном воздухе.

Санитарную охрану водных объектов и условия водопользования оценивают на основании анализа результатов систематических наблюдений за составом и свойствами поверхностных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения и культурно-бытовых нужд населения, а также по результатам контроля за соответствием условий отведения сточных вод существующих объектов производственного, сельскохозяйственного и жилищно-гражданского назначения требованиям и нормативам "Санитарных правил и норм охраны поверхностных вод от загрязнения". Выбирая участки для населенного пункта или отдельного объекта, определяют условия отведения сточных вод этого объекта в водоемы, а также места выпуска сточных вод. Для этого рассматривают материалы, характеризующие объект, оценивают количество и состав сточных вод, месторасположение их выпуска, гидрологический режим водоема и результаты расчета прогнозного состояния водоема. Кроме того, оценивают конкретную ситуацию: расположение наиболее близких пунктов питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного использования водного объекта.

Санитарное состояние почвы и ее пригодность для строительства оценивают по данным обследования участка, ознакомления с его использованием в прошлом, а также на основании результатов санитарно-химических, санитарно-микробиологических и санитарно-гельминтологических исследований почвы. Территории, занятые в прошлом под свалки, полигоны обезвреживания промышленных и бытовых отходов, а также засыпанные мусором и отходами котлованы, овраги могут использоваться под сады, парки, спортивные сооружения после проведения надлежащих санитарно-инженерных мероприятий и рекультивации почвы.

Среди факторов окружающей среды, неблагоприятно влияющих на условия жизни и здоровье населения, все более заметную роль играют физические факторы. Для выбора территории под строительство или расширение города большое значение имеет гигиеническая оценка уровней шума, вибрации и электромагнитного излучения. Территорию оценивают на основании данных проекта районной планировки или специального изучения этих факторов в том случае, если селитебные районы города, лечебно-профилактические учреждения и учреждения отдыха расположены вблизи аэродромов, сооружений железнодорожного транспорта, телецентров или ретрансляторов. На основании углубленного изучения, выявленных неблагоприятных факторов окружающей среды, разрабатывается комплекс соответствующих профилактических мероприятий.

Гигиенические принципы и требования к планировке и функциональному зонированию территории городов и поселков

Обеспечение благоприятных условий жизни населения в значительной мере достигается соответствующей планировкой территории населенного пункта, формирующегося согласно народнохозяйственному профилю и роли в системе расселения (город-центр, населенные места преимущественно административного, научного, транспортного, промышленного, культурно-исторического, курортного или сельскохозяйственного профиля). Основной гигиенический принцип планировки территории новых или реконструируемых поселений состоит в функциональном зонировании, он также предусматривает рациональное взаимное размещение всех элементов населенного пункта и обеспечивает надлежащие условия жизни, труда и отдыха. Функциональное зонирование территории населенного пункта осуществляется на основании комплексной оценки состояния природных ресурсов, анализа размещения существующих и перспективных предприятий с учетом их специализации, инженерно-строительных условий, наличия внешних транспортных связей, санитарно-гигиенического и экономического состояния территории и пр.

Территорию населенного пункта (рис. 136) по функциональному назначению и характеру использования делят на селитебную, промышленную и ландшафтно-рекреационную.

Селитебную территорию используют для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, учреждений социального, культурного и бытового назначения, отдельных коммунальных и промышленных объектов.

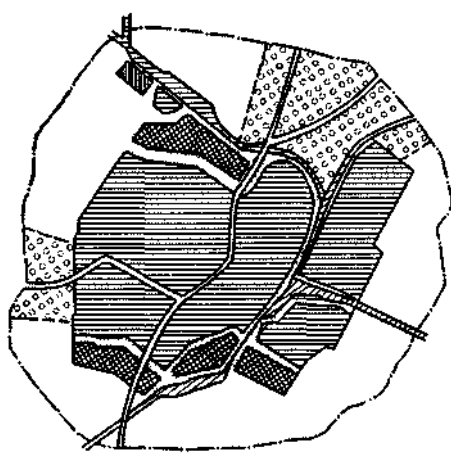


Рис. 136. Функциональное зонирование территории города (схема):

1 — селитебная территория; 2 — промышленная территория; 3 — зона внешнего транспорта; 4 — коммунально-складская зона; 5 — лесопарковая зона; 6 — СЗЗ; 7 — резервная территория

Их строительство допускается вблизи жилой застройки, внутриселитебной улично-дорожной и транспортной сети, зеленых насаждений и мест общественного пользования.

Промышленная территория предназначена для размещения промышленных предприятий и связанных с ними объектов, комплексов, научных учреждений с исследовательскими производствами, коммунально-складских объектов (баз, складов, гаражей, автопарков, трамвайно-троллейбусных депо и др.), предприятий по производству и переработке сельскохозяйственных продуктов,

создания СЗЗ промышленных предприятий, объектов внешнего транспорта, путей загородного и пригородного сообщения.

К ландшафтно-рекреационной территории относятся пригородные леса, лесопарки, лесозащитные полосы, водоемы, зоны отдыха и курортные зоны, земли сельскохозяйственного пользования и другие, которые вместе с парками садами, скверами, бульварами селитебной зоны формируют систему озеленения и оздоровительных зон.

Следует отметить, что в пределах упомянутых территорий выделяют зоны разного функционального назначения — для жилой застройки, общественных центров, промышленных, научных, научно-производственных, коммунально-складских, внешнего транспорта, массового отдыха, курортные (при наличии лечебных ресурсов).

Осуществляя санитарный надзор за планировкой и застройкой населенных мест, следует обратить внимание на реальную ситуацию и проектные предложения по функциональному зонированию территории поселений. Гигиеническое значение имеет правильное взаимное расположение отдельных функциональных зон города или поселка, с учетом возможности их территориального развития, полноты мероприятий по упорядочению зонирования территории поселения по функциональному признаку, возможностей создания крупных производственных, коммунально-складских и транспортных районов и организации СЗЗ, их озеленения.

Особое внимание следует уделять решению вопросов функционального зонирования при реконструкции крупных городов и таких, в которых промышленные предприятия или другие объекты размещают обычно без учета природных особенностей вблизи селитебных районов и которые не имеют надлежащих СЗЗ. В таком случае проектные решения должны предусматривать мероприятия по упорядочению организации территории населенного пункта посредством постепенной ликвидации нерационального размещения производственной зоны относительно селитебной, с вынесением или закрытием вредных в санитарном плане предприятий, коммунальных объектов, транспортных сооружений и пр.

Гигиенические требования к организации селитебной территории и размещению предприятий, обслуживающих население

Планирование селитебной территории населенных мест должно обеспечить рациональное и взаимосвязанное расположение жилой застройки, общественных учреждений и предприятий обслуживания населения, рабочих мест, уличной сети и зеленых насаждений, а также максимально благоприятные условия для проживания населения с учетом нормативного обеспечения учреждениями социального, культурного и бытового обслуживания. При этом необходимо соблюдение нормативных показателей плотности населения на территории жилых кварталов и жилых районов, качества окружающей среды и микроклимата, требований к организации и благоустройству приусадебных участков, транспортной и инженерной инфраструктуры.

Главные структурные элементы, которые формируются в пределах селитебной территории:

- жилой квартал (жилой комплекс) — первичный структурный элемент жилой застройки, площадью до 50 га, с полным комплексом учреждений и предприятий для обслуживания населения местного значения (увеличенный квартал, микрорайон), и до 20 га с неполным комплексом. Границами жилого квартала являются магистральные или жилые улицы, проезды, естественные границы и пр.;

- жилой район — структурный элемент селитебной территории площадью 80—400 га, в пределах которого формируют жилые кварталы, размещают учреждения и предприятия с радиусом обслуживания не более 1500 м, а также объекты городского значения. Границами жилого района являются магистральные улицы и дороги общегородского значения, естественные и искусственные границы. Жилые районы (разделенные) могут формироваться как самостоятельные структурные единицы;

- селитебный район (жилой массив) — структурный элемент селитебной территории площадью свыше 400 га, в пределах которого формируются жилые районы. Границы его те же самые, что и для жилых районов. Эта структурная единица характерна для крупнейших и крупных городов, ее формируют как целостный структурный организм с размещением учреждений обслуживания районного и городского подчинения.

Жилые районы, входящие в состав селитебной зоны (составные части), должны формироваться во взаимосвязи с их планировкой и застройкой.

В процессе застройки свободных территорий их функционально-планировочную и архитектурно-пространственную организацию, этажность жилых домов определяют в соответствии с архитектурно-планировочными особенностями и требованиями застройки города, с учетом санитарно-гигиенических, противопожарных, демографических, архитектурно-композиционных и других требований, уровня инженерного оборудования, местных условий строительства.

Жилую застройку, особенно в крупнейших и крупных городах, следует размещать в зонах пешеходной доступности остановок городского транспорта (с радиусом доступности не более 500 м). Вне этой зоны допускается строительство детских дошкольных учреждений, школ, физкультурных площадок, автостоянок, гаражей.

Расчетную плотность населения на территории жилого района рекомендуют принимать от 110—170 человек на 1 га (малые города) до 190—220 человек (наиболее крупные города) в соответствии с зонами города разной градостроительной ценности (периферической и центральной).

Плотность населения жилого квартала с полным комплексом учреждений и предприятий местного значения необходимо определять в соответствии с плотностью крупных структурных элементов в пределах 180—450 человек на 1 га.

При реконструкции сложившейся жилой застройки должны предусматриваться следующие планировочные мероприятия: планомерное упорядочение

территорий, модернизация старых капитальных зданий, ликвидация аварийных и малопригодных для проживания сооружений, снос части пригодного для эксплуатации фонда в целях удовлетворения неотложных общегородских нужд; вынесение или перепрофилирование вредных в санитарно-гигиеническом, взрыво- и пожароопасном плане, объектов; использование высвобождаемых участков для нового жилого и культурно-бытового строительства; озеленение, оборудование спортивных и детских площадок, уголков отдыха и пр.

Осуществление реконструкции застройки должно обосновываться специальными технико-экономическими расчетами, градостроительными и санитарно-гигиеническими требованиями.

Для улучшения условий инсоляции в переуплотненных районах возможен снос затеняющих или затененных домов или их частей, разуплотнение застройки. Ее оздоровлению должны способствовать также вынесение или перепрофилирование малых промышленных предприятий или отдельных цехов, баз, складов и других объектов,* не свойственных селитебной территории.

При перестройке жилых кварталов следует учитывать историко-архитектурную и градостроительную ценность каждого здания.

Для выбора этапов и приемов реконструкции необходима инвентаризация застройки (включая историко-архитектурную) с дальнейшей оценкой состояния жилого фонда относительно исторической ценности и степени износа. Сложившуюся жилую застройку нужно дифференцировать по средствам реконструкции сооружений: регенерация с капитальным ремонтом, реставрацией или полным восстановлением; регенерация с капитальным ремонтом и модернизацией; капитальный ремонт, текущий ремонт, текущий и косметический ремонт; ее естественное убытие; снос с заменой новым строительством и т. п.

В жилых кварталах предусматривают въезды на их территорию, а также при необходимости — сквозные проемы в зданиях. Проемы устраивают на расстоянии не более 300 м один от другого, а при периметральной застройке квартала — не более 180 м. Примыкание проездов к проезжим частям магистральных улиц регулируемого движения допускается на расстояниях не менее 50 м от перекрестка.

Для подъезда к группам жилых зданий, крупным учреждениям и предприятиям обслуживания, торговым центрам предусматривают главные проезды, а к зданиям, стоящим отдельно, — второстепенные, размеры которых принимают, согласно нормам.

На второстепенных (однополосных) проездах необходимо предусматривать разъездные площадки шириной 6 м и длиной 15 м на расстоянии не более 75 м одна от другой. Тупиковые проезды должны иметь длину не более 150 м и заканчиваться поворотными площадками, обеспечивающими возможность разворота мусоровозов, уборочных и пожарных машин.

Тротуары, велосипедные дорожки необходимо поднимать на 15 см над уровнем проездов. Перекрещение тротуаров и велосипедных дорожек должно быть на одном уровне с оборудованием ramпы длиной соответственно 1,5 и 3 м.

В соответствии с природно-климатическими особенностями Украины при организации застройки следует предусматривать защиту территории жилых

групп (дворов) от неблагоприятных зимних ветров, перегрева в летнее время, особенно для южных районов, от пыльных бурь, а также мероприятия, улучшающие аэрацию территории.

Расстояние между жилыми домами, жилыми и общественными, а также между производственными зданиями определяют на основании расчетов инсоляции и освещения в соответствии с нормами и противопожарными требованиями.

Расстояния (бытовые разрывы) между длинными сторонами жилых зданий высотой в 2—3 этажа должно быть не менее 15 м, высотой в 4 этажа и более — 20 м, для 9—16-этажных — не менее высоты возводимого здания, между торцами без окон — не менее 15 м.

Жилые дома с квартирами на первых этажах следует размещать с отступом от красных линий. Под *красной линией* подразумевают внутреннюю границу тротуара. По красной линии допускается размещать жилые дома со встроенными в первые этажи помещениями общественного назначения, а на жилых улицах в условиях реконструкции сложившейся застройки, — жилые дома с квартирами на первых этажах лишь в виде исключения.

Формирование малоэтажной высокоплотной застройки следует осуществлять на основании компактного расположения блочных жилых элементов, при условии обеспечения нормативных санитарно-гигиенических требований. Минимальные размеры сформированных внутренних дворов определяют требованиями необходимой инсоляции при обеспечении расстояния между окнами квартир, расположенных с противоположной стороны, не менее 15 м (бытовой разрыв), а также противопожарными требованиями, включая обеспечение въезда пожарных машин. Проезды во внутренние дворы должны иметь ширину не менее 3,4 м, высоту — не менее 4,25 м.

Планировка организации селитебной зоны имеет большое социальное значение, так как инфраструктура жилого района и микрорайона позволяет населению наиболее полно использовать ее при организации быта, отдыха, воспитании детей и получении ими школьного образования.

Планировка селитебной территории города и поселка должна отвечать экономическим требованиям и обеспечивать эффективное использование городской территории. Показателем эффективности использования селитебной территории является так называемая плотность жилого фонда, т. е. количество квадратных метров общей площади квартир, построенных на 1 га территории жилого района и микрорайона. Нормативы плотности жилого фонда устанавливают в зависимости от этажности застройки и климатогеографических особенностей местности (табл. 139).

Так, если в городе, расположенном в центральной климатогеографической зоне, микрорайон будут застраивать 5-этажными жилыми домами, то на 1 га его территории должно быть 5300 м² жилой площади.

Плотность жилого фонда является одним из наиболее важных технико-экономических показателей оценки микрорайона. Она определяет количество жителей микрорайона, и дает возможность рассчитать потребность в учреждениях для обслуживания (количество мест в дошкольных учреждениях и шко-

Плотность жилого фонда в микрорайоне и жилом районе,
м² общей площади на 1 га территории

Зона	Плотность жилого фонда при застройке жилыми зданиями с количеством этажей								
	2	3	4	5	6	7	8	9	12
<i>Микрорайон</i>									
Центральная	3300	4100	4600	5300	5600	5900	6200	6600	6900
Северная	3700	5000	5400	5900	6300	6700	7000	7600	
Южная	3400	4300	4800	5500	5800	6200	6500	6800	7100
<i>Жилой район</i>									
Центральная	2400	2700	3100	3400	3500	3600	3700	4000	4100
Северная	2700	3300	3500	3800	4300	4500	4600	4700	
Южная	2500	2800	3200	3500	3600	3700	3800	3900	4200

лах, площадь зеленых насаждений, размеры хозяйственных и других площадок) в соответствии с нормативами государственных строительных норм.

В последнее время в градостроительстве наметилась тенденция к постепенному повышению плотности жилого фонда. При ее гигиенической оценке важно учитывать, что чем выше плотность жилого фонда, тем меньше в расчете на каждого жителя останется свободных участков на территории микрорайона. Если при 5-этажной застройке в центральной зоне на 1 жителя приходится 27,3 м² территории микрорайона, то при 9-этажной, т. е. при большей плотности жилого фонда, — 21,6 м².

Повышение плотности жилого фонда, обычно, сопровождается применением новых приемов застройки — сочетанием зданий разной этажности, длины и конфигурации. В этих условиях особое значение приобретает выполнение гигиенических нормативов и требований, направленных на создание благоприятных условий для населения.

Гигиенические требования к планировке и благоустройству жилых районов и микрорайонов. Эти требования предусматривают:

- создание благоприятных условий микроклимата, инсоляции и защиты от перегрева, аэрации или снижения скорости движения воздуха на территории и в помещениях жилых и общественных зданий;
- защита населения от транспортного шума, шума внутримикрорайонных источников, загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта;
- организацию полноценного обслуживания населения учреждениями культурно-бытового назначения и коммунальными объектами;
- благоустройство и озеленение территории;
- организацию отдыха, занятий оздоровительными видами спорта;
- инженерную подготовку и вертикальную планировку территории;
- водоснабжение, водоотведение и санитарную очистку от бытовых отходов.

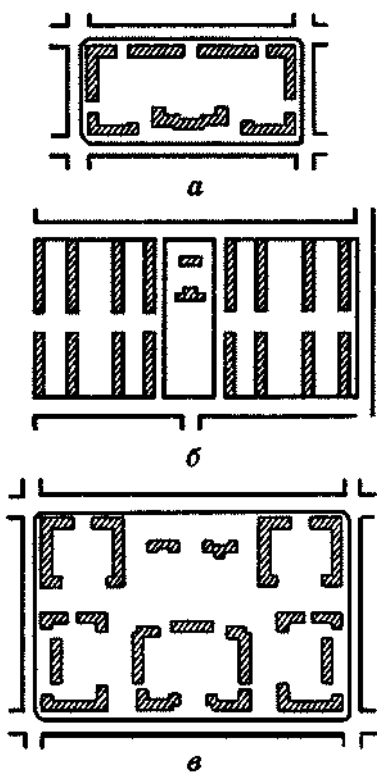


Рис. 137. Основные системы застройки жилого микрорайона (схема):

a — периметральная; *б* — строчная;
в — групповая

Установлено, что самые важные элементы городского микроклимата, т. е. ветровой и тепловой режимы, могут существенно изменяться в зависимости от приемов застройки, этажности и протяженности зданий, озеленения территории, обводнения, а также от характера покрытия площадок, проездов и тротуаров. График на рис. 138 иллюстрирует изменение скорости воздушного потока за препятствием (здание, полоса зеленых насаждений) и образование так называемой ветровой тени — участка, в пределах которого скорость ветра значительно снижается. Скорость ветра снижается до 75% на расстоянии, равном 5—6 высотам препятствия.

Снижение скорости ветра на территории застройки имеет большое значение для

Благоприятные условия микроклимата и инсоляции на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и сооружениях обеспечиваются разнообразными приемами застройки и благоустройства жилого района и микрорайона.

Под приемами застройки понимают систему расположения зданий на участке — их длину, конфигурацию и взаиморазмещение. Различают периметральную, строчную и групповую застройку (рис. 137). В последнее время чаще применяют смешанную застройку. Для нее характерны сочетания разных приемов постановки зданий, их значительная длина и сложная конфигурация фасадов.

Гигиенические требования по улучшению микроклимата жилой застройки обоснованы результатами исследований, выполненных в разных климатогеографических зонах Украины. Установлено, что микроклиматические условия могут влиять на состояние организма человека и часто приводят к ограничению возможности использования территории микрорайона для игр детей, в первую очередь дошкольного возраста, отдыха, а также других видов бытовой деятельности.

Улучшение микроклимата жилой застройки в микрорайоне основывается на учете закономерностей формирования микроклимата.

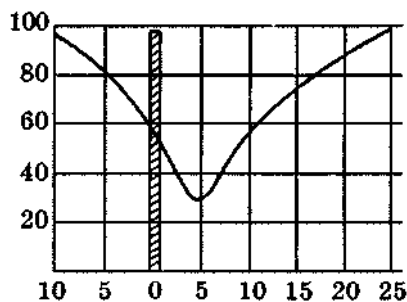


Рис. 138. Зависимость скорости движения воздушного потока от препятствия.

На оси ординат — процент снижения скорости; на оси абсцисс — расстояние от препятствия, кратное его высоте (в м)

городов северных и северо-восточных областей Украины, где длительная зима и низкая температура воздуха в сочетании с ветром может привести к переохлаждению организма человека. Для застройки жилых районов в суровых условиях следует использовать приемы, позволяющие снизить скорость ветра на 50% и более (рис. 139).

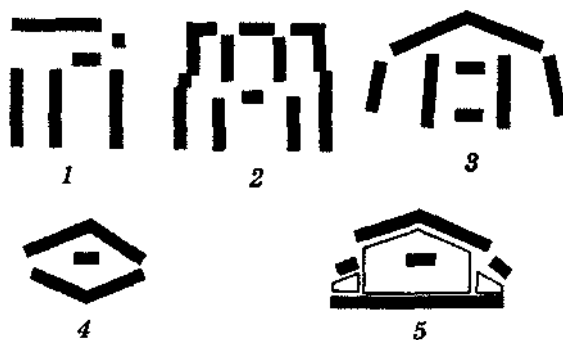


Рис. 139. Примеры планировочных решений жилой застройки с разной степенью защиты от ветра:

/ — обычная застройка, снижение скорости ветра не более 10%; 2 — обычная, но более компактная застройка, снижение скорости ветра от 20 до 40%; 3 — одинарная ветрозащитная застройка, снижение скорости ветра от 40 до 60%; 4 — двойная ветрозащитная застройка, снижение скорости ветра от 60 до 80%; 5 — двойная ветрозащитная застройка, с локальной ветрозащитой, снижение скорости ветра свыше 80%

В природно-климатических зонах, где летом преобладает жаркая безветренная погода, приемы застройки и благоустройства должны способствовать сохранению или даже повышению скорости движения воздуха для улучшения аэрации застроенных территорий, улиц и площадей. Следует также предусмотреть защиту участков и помещений жилых и общественных зданий от прямых солнечных лучей путем озеленения и специальных солнцезащитных приспособлений, уменьшающих поступление тепловой радиации и сокращающих период облучения. Благодаря этим мероприятиям значительно улучшается микроклимат и нормализуется тепловое состояние организма человека.

Для преобладающей части территории Украины (II и III климатических зон) существенным, с гигиенической точки зрения, является требование относительно обеспечения общеоздоровительного действия биологически активной части УФ-излучения солнца.

Изучение общеоздоровительного, психофизиологического, бактерицидного и теплового действия солнечных лучей, проникающих в помещение сквозь оконные проемы, показало, что оптимальная эффективность инсоляции достигается непрерывным облучением помещения в течение 3—4 ч. Поэтому государственными строительными нормами "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" определена такая "ориентация и размещение на местности детских дошкольных учреждений", общеобразовательных школ, школ-интернатов, лечебно-профилактических учреждений, санаторно-курортных и других оздоровительных учреждений, которая обеспечивала бы непрерывную инсоляцию помещения в нормированные периоды года продолжительностью не менее 3 ч/сут.

В условиях многоэтажной застройки (9 этажей и более) допускается одно-разовая прерывистость инсоляции при условии увеличения суммарной продолжительности ее в течение суток на 0,5 ч соответственно для каждой зоны.

В жилых домах с секциями меридиональной ориентации, в которых инсолируются все комнаты квартиры, допускается сокращение продолжительности

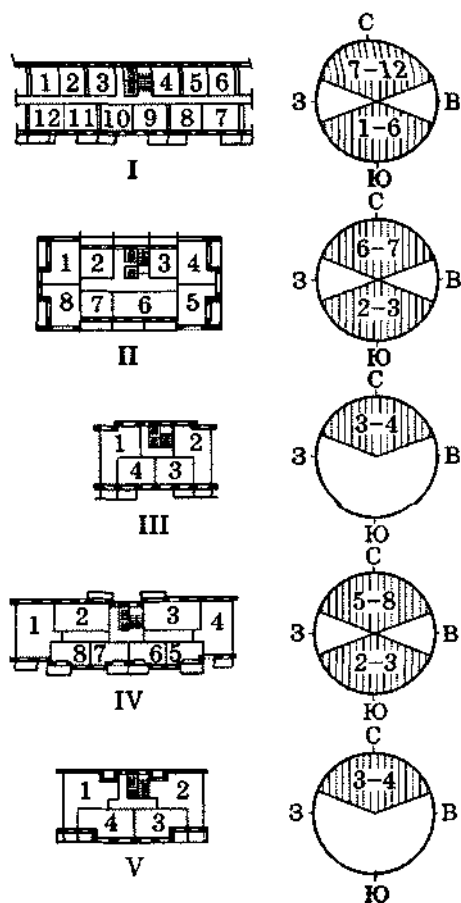


Рис. 140. Графики градостроительной маневренности разных типов секций при условиях инсоляции:
I—V — типы секций. Заштрихованы секторы горизонта, на которые не допускается ориентировать секцию. Цифрами обозначены номера квартир

инсоляции на 0,5 ч для каждой зоны. Выполнение норм и правил инсоляции обеспечивается путем использования свободных приемов застройки жилых микрорайонов, ориентации домов с учетом планировки и достаточных разрывов между ними. В современном строительстве применяют типовые секции. Дополнительной характеристикой этих секций является возможность градостроительной маневренности жилых домов. На рис. 140 изображена допустимая ориентация домов по сторонам горизонта с учетом инсоляции секций.

Для оценки условий инсоляции помещений и территории при осуществлении санитарного надзора за соблюдением норм и правил инсоляции применяют расчетные и графические методы. С этой целью используют специальные номограммы, изготовленные на прозрачной пленке или бумаге, так называемые инсоляметры, светопланомеры, контрольно-инсоляционные линейки и др. Сопоставив эти номограммы с линией фасада здания или участка, можно определить продолжительность инсоляции в контрольной точке жилой комнаты, на детской площадке и пр. Ориентировочно оценивать условия инсоляции жилых помещений и территории можно по таблице, если дома на участке расположены параллельно.

Гигиенические требования к размещению учреждений и предприятий

обслуживания населения. При планировке населенных мест и организации селитебной территории необходимо учитывать систему обслуживания населения, что является предпосылкой обеспечения комфортных условий проживания населения. К системе обслуживания населения относят учреждения образования, культуры, здравоохранения, предприятия торговли и общественного питания, бытового обслуживания и коммунального хозяйства. При этом подчеркивается обязательность выполнения гигиенических требований по рациональному размещению административных и культурно-бытовых учреждений на территории жилых районов и микрорайонов городских поселений.

Следует отметить ступенчатость обслуживания и приближение этих учреждений к населению (радиус обслуживания). Площадь земельных участков должна быть достаточной для размещения учреждений и предприятий обслуживания населения. Выделяют три группы таких учреждений: первичного, повседневного и периодического пользования. К учреждениям *первичного пользования* относятся детские ясли-сады, молочные кухни, приемные пункты бытового обслуживания, хлебные, молочные и овощные магазины. Эти объекты должны находиться на расстоянии не более 300 м от жилых домов. Учреждения *повседневного пользования* — школы, аптеки, кафе и столовые, предприятия бытового обслуживания, физкультурные и спортивные сооружения — предусматривают в пределах жилого района на расстоянии 500—1500 м от жилых домов. Учреждения *периодического пользования* — больницы и поликлиники, стадионы, кинотеатры, библиотеки, супермаркеты и другие объекты размещают равномерно на селитебных территориях города. Генеральными планами малых и средних городов они могут быть предусмотрены в общегородских центрах. Чем больше город, тем больше учреждений и предприятий для обслуживания населения выносят из общегородского центра к центрам жилых районов или микрорайонов.

Гигиенические требования к размещению и планировке производственной территории. Санитарная классификация промышленных предприятий и организация СЗЗ

В состав промышленно-производственной зоны, как функционально-специализированной части территории города, входят объекты материального производства, коммунального хозяйства, производственной инфраструктуры, науки и научного обслуживания, подготовки кадров, другие объекты непроизводственной сферы, которые обслуживают материальное и нематериальное производство. Производственная территория должна иметь эффективную связь с селитебной, рекреационной и другими функциональными зонами города. В процессе планировки промышленной зоны важно учитывать следующее:

- часть территории с производственными функциями должна составлять не менее 60—65% общей территории зоны;
- производственные объекты должны размещаться компактно и между ними должны отсутствовать большие функционально не связанные с ними образования;
- промышленная зона должна быть обеспечена транспортными магистралями общегородского значения, которые связывали бы ее с другими функциональными зонами города;
- необходимо руководствоваться сбалансированностью мест труда и проживания населения. Следует формировать взаимосвязанную систему обслуживания работающих на предприятии и населения жилых районов, примыкающих к промышленной зоне;

- для полноценного функционирования зоны необходим один или несколько общественных центров обслуживания, которые бы размещались преимущественно на границе с селитебными территориями. В их составе должны предусматриваться учреждения с ведущими функциями (управленческие, научно-проектного, информационного обслуживания) и объекты с сопутствующей, выборочной номенклатурой услуг (культурно-бытового обслуживания, общественного питания, здравоохранения и др.).

Для предотвращения вредного влияния предприятий на селитебную зону осуществляют следующие мероприятия:

- 1) для охраны атмосферного воздуха селитебной зоны, снижения или устранения производственного шума между предприятием и жилой зоной устанавливают разрывы различной ширины — в зависимости от характера и интенсивности вредного влияния;

- 2) для охраны водных объектов производственные сточные воды предприятий обезвреживают. Выпускают их по течению реки ниже района, используемого населением для водоснабжения и с оздоровительной целью;

- 3) для охраны почвы от загрязнения твердыми производственными отходами создают систему их организованного удаления и обезвреживания на специальных площадках;

- 4) для предотвращения влияния шума и вибрации магистрали грузового, железнодорожного и автомобильного транспорта проводят вне селитебной зоны.

Предусмотренные мероприятия должны обеспечивать соблюдение гигиенических нормативов содержания веществ, загрязняющих атмосферный воздух населенных пунктов в районе жилой застройки не более ПДК, ОБУВ, ПДЗ, в воздухе мест массового отдыха и оздоровления населения — 0,8 ПДК, 0,8 ОБУВ, 0,8 ПДЗ. Концентрации загрязнений на территории промышленного объекта и его СЗЗ могут превышать приведенные нормативы, но не более 30% величины ПДК (ОБУВ) для воздуха рабочей зоны. При этом учитывают трансформацию веществ в атмосфере и фоновое загрязнение за счет других объектов.

Промышленный район необходимо размещать с подветренной стороны относительно жилой части города. При этом следует принимать во внимание направление ветра в теплые периоды года.

Площадки для промышленных предприятий выбирают с учетом возможности создания СЗЗ (см. раздел IV).

В производственных зонах размещают разные типы агропромышленных предприятий и цехов хозяйственных отраслевых центров агрофирм, фермерских хозяйств, производственных объектов, принадлежащих акционерным обществам, кооперативам, сельским (фермерским) хозяйствам и пр., а также предприятия несельскохозяйственных отраслей (филиалы предприятий, цеха).

Организуя производственные зоны, в том числе фермерские хозяйства, предпочтение отдают развитию производственных центров, которые уже имеют капитальные помещения, удобно расположенные относительно населенных пунктов, транспортных коммуникаций, кормовых угодий, и отвечают санитарно-

Размеры санитарно-защитных зон
для сельскохозяйственных объектов, м

Направленность	Размеры санитарно-защитных зон, м									
	25	50	75	100	150	200	300	400	1	500
	<i>Допустимая величина стада, поголовья</i>									
Свиноферма	15	30	50	75	100	125	150	200	1	Более 200
Ферма КРС	20	40	60	100	150	200				Более 200
Птицеферма	100	200	250	300	500	750				Более 750
Овцеферма	50	75	100	150	200	400				Более 400
Кролеферма	150	300	400							Более 400

гигиеническим требованиям. Сельскохозяйственные комплексы и предприятия необходимо размещать таким образом, чтобы сохранить природную среду, не допустить развития эрозийных процессов, загрязнения грунтов и водных источников отходами производства.

Между селитебной и производственной территориями устанавливают санитарные и зооветеринарные разрывы. Размеры СЗЗ, до границ жилой застройки устанавливают по нормативам (табл. 140). За ширину СЗЗ принимают расстояние между местами выделения в атмосферу или почву производственных вредностей и границей жилой застройки.

На территории СЗЗ возможно строительство бань, прачечных и гаражей при условии, что плотность застройки не будет превышать 10%. Размещать спортивные сооружения, парки, детские учреждения, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения, а также высаживать плодоягодные деревья и кустарники на ее территории недопустимо. Животноводческие, птицеводческие, звероводческие фермы, ветеринарные учреждения, склады минеральных удобрений и химических средств защиты растений должны размещаться с подветренной стороны относительно сельскохозяйственных объектов в селитебной зоне. Территории производственных зон не должны делиться на участки железнодорожными или автомобильными дорогами общей сети.

Размеры СЗЗ для очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации определяют по табл. 37 (с. 348).

Коммунально-складская зона — территория населенного пункта, предназначенная для размещения групп и отдельных предприятий, которые обеспечивают потребности населения в хранении продовольственных и промышленных товаров, коммунальных и бытовых услугах, с общими объектами инженерно-технического и административного обеспечения.

На территории коммунально-складской зоны размещают:

а) предприятия пищевой промышленности, торговли и плодоовощного хозяйства (склады, распределительные холодильники, плодоовощные базы, хранилища овощей и фруктов, заготовительные предприятия полуфабрикатов и кулинарных изделий и пр.);

б) транспортные хозяйства (гаражи, станции технического обслуживания автомашин, автозаправочные станции, трамвайные и троллейбусные депо, автобусные и таксомоторные парки и пр.);

в) предприятия бытового обслуживания населения (фабрики-прачечные, химической чистки одежды, ремонта бытовой техники, одежды, мебели);

г) предприятия коммунального хозяйства (парки дорожно-уборочных машин, базы эксплуатации и ремонта жилья, инженерных сетей и пр.).

Коммунально-складские зоны не следует размещать на территориях промышленных узлов, их СЗЗ, в состав которых входят предприятия I—III класса по санитарной характеристике производства.

Гигиенические требования к ландшафтно-рекреационным территориям и озеленению населенных мест

Гигиеническое значение зеленых насаждений. Озеленение селитебной зоны и организация отдыха населения. Зеленые насаждения являются частью структуры города или поселка, их селитебных зон, жилых районов и микрорайонов. Они влияют на условия жизни населения, выполняя разнообразные санитарно-гигиенические и декоративно-планировочные функции.

Зеленые насаждения — уникальное создание природы. Их роль многогранна и многофункциональна. Они принимают участие в круговороте газов, формировании климата, создании оптимальных условий для труда и отдыха. Это продуценты кислорода. Зеленые насаждения выполняют также пыле-, газо- и шумозащитную роль. Большое значение имеют зеленые насаждения в создании санитарно-защитного разрыва между жилой и производственной зонами, а также в зоне водозаборных сооружений. Они способствуют поддержанию чистоты почвы на территории зоны санитарной охраны. С этой целью по границе первого пояса охранной зоны, кроме ограды, рекомендуют создавать плотную живую изгородь, а всю площадь засевают травой с развитой корневой системой. Вокруг шахтных колодцев на границе охраняемого участка высаживают деревья и кустарники.

Гигиеническое значение зеленых насаждений состоит в снижении запыленности атмосферного воздуха и уменьшении содержания в нем вредных химических веществ, улучшении микроклимата территорий и помещений, обогащении воздуха кислородом и фитонцидами.

Декоративно-планировочные зеленые насаждения используют для создания привлекательных жилых районов, что способствует организации полноценного отдыха в условиях, приближенных к природным, улучшает настроение и повышает жизненный тонус человека.

Снижение запыленности воздуха зелеными насаждениями происходит вследствие замедления скорости движения загрязненного потока в зеленом массиве и выпадения пыли на поверхность листьев, хвои, веток и стволов. Под деревьями в результате разницы температур возникают нисходящие потоки воздуха, способствующие оседанию пыли. Осевшую пыль смывает дождь

или струи воды во время полива зеленых насаждений. Способность разных пород деревьев и кустарников задерживать пыль не одинакова. Она зависит от строения листа. Лучше всего задерживают пыль шероховатые, покрытые ворсинками листья (вяз, сирень, клен остролистный, липа и пр.). Запыленность воздуха среди зеленых насаждений в 2—3 раза меньше, чем на открытых территориях.

Газозащитная роль зеленых насаждений во многом определяется их стойкостью к воздействию разных газов. Среди деревьев и кустарников наиболее стойкими к газам являются ель колючая, акация белая, клен, тополь канадский; наименее стойкими — береза, ель обыкновенная, сосна, ясень обыкновенный. Концентрацию газов в воздухе зеленые насаждения активно снижают в период вегетации. Так, если до появления листьев концентрация углерода оксида за зеленой полосой шириной 60 м составляла $7,5 \text{ мг/м}^3$, то после его появления уменьшалась до $4,5 \text{ мг/м}^3$. Влияние зеленых насаждений на концентрацию газов в воздухе зависит и от плотности посадок. Среди густых зеленых насаждений, расположенных вблизи источников выброса в атмосферу вредных веществ, создается застой воздуха, что может привести даже к повышению концентрации атмосферных загрязнений. Поэтому поблизости от источников выброса на территории СЗЗ следует создавать хорошо продуваемые посадки зеленых насаждений. Установлено также, что эффект зеленого фильтра зависит от вида и концентрации пыли и газов в воздухе. Колебание эффективности пылеосаждения для одного растения может равняться от 0,005 до $0,12 \text{ мг/м}^3$. Для эффективного применения пыле- и газозащитных свойств зеленых насаждений необходимо учитывать выше приведенные их особенности.

Зеленые насаждения в процессе фотосинтеза поглощают из воздуха углерода диоксид и выделяют кислород. В среднем 1 га насаждений поглощает за 1 ч 8 кг углерода диоксида, т. е. столько, сколько выдыхают за это же самое время 200 человек. Различные породы древесно-кустарниковых растений имеют разную интенсивность фотосинтеза. Так, в течение вегетационного периода дерево тополя берлинского ассимилирует в 6,9 раз больше углекислого газа, чем ель обыкновенная. Упомянутые свойства зеленых насаждений используют для оздоровления воздуха городов, прогноза возможного санирующего действия разных по площади и составу пород насаждений.

Влияния зеленых насаждений на формирование микроклимата объясняется изменением скорости и направления ветра, повышением влажности и снижением напряжения солнечной радиации среди древесных и кустарниковых насаждений. Эти свойства используют для улучшения микроклимата в жилой застройке. Так, ветрозащитные функции зеленых насаждений в сочетании с разными приемами застройки могут обеспечить защиту территории от неблагоприятных ветров. Для сохранения и усиления движения воздуха в целях улучшения проветривания высаживают отдельные деревья с высоким штамбом, делают групповые насаждения без кустарника, создавая из них полосы насаждений, параллельных направлению ветра.

Благоприятное влияние зеленых насаждений на радиационно-тепловой режим объясняется тем, что деревья в зависимости от плотности насаждений и

породы задерживают значительную часть солнечной энергии. Смягчению радиационно-теплого режима способствуют также вертикальное озеленение стен зданий и других сооружений, широкое применение газонов. Благодаря этому температура воздуха снижается на 2—6 °С, а радиационная температура — на 20—30 °С. Наиболее эффективно снижают температуру воздуха деревья с крупными листьями.

Зеленые насаждения способствуют повышению влажности воздуха, так как листья деревьев и кустарников, а также трава газонов во время нагревания испаряют в воздух воду. За год 1 га леса испаряет в атмосферу от 1,0 до 3,5 млн кг влаги, что составляет от 20 до 70% атмосферных осадков.

Особенно велика роль зеленых насаждений в борьбе с ветрами, снежными заносами и пыльными бурями. Ветрозащитная полоса шириной 10—12 м снижает скорость ветра почти на 50%, а система из двух-трех таких полос — почти в 5 раз. Даже зимой, при отсутствии листьев на деревьях, скорость ветра снижается в 2 раза.

Изменение температуры и влажности воздуха на озелененных участках способствует появлению воздушных местных потоков: в жару нагретый воздух поднимается вверх, а на его место поступает прохладный воздух с зеленых массивов. Микроклимат зеленых насаждений более благоприятный, если озелененные участки соединяются с водоемами.

Микроклимат озелененных участков благоприятно влияет на самочувствие человека, функциональное состояние нервной, сердечно-сосудистой систем и органов дыхания. Результаты исследований, проведенных в разных климато-географических зонах и на различных участках города, свидетельствуют, что пребывание человека в зоне зеленых насаждений улучшает теплообмен, снижает температуру кожи, нормализует частоту пульса и дыхания, обеспечивая комфортное самочувствие, а также поднимает настроение и снимает эмоциональное напряжение.

Таким образом, гигиеническое значение зеленых насаждений чрезвычайно велико. Поэтому врач-гигиенист должен контролировать выполнение гигиенических требований и норм озеленения селитебной зоны, жилых районов и микрорайонов.

В городах на 1 жителя должно быть 100—150 м² зеленых насаждений. Кроме того, необходим значительный резерв зелени для компенсации очистительных процессов на предприятиях от вредных газов и аэрозолей, выбрасываемых ими. При этом углерода диоксид, выдыхаемый людьми, составляет лишь 10% его общего поступления в атмосферу.

Проектируя новые и расширяя существующие населенные пункты, важно предусмотреть равномерное и непрерывное озеленение территории с максимальным сохранением зеленых насаждений.

Внутригородские зеленые насаждения делят по функциональному признаку на три группы: общего, ограниченного и специального назначения. К зеленым массивам общего назначения принадлежат парки, сады, скверы, набережные. Зеленые насаждения ограниченного пользования располагаются на жилых территориях, участках школ, детских дошкольных учреждений, спортивных

сооружений, учреждений здравоохранения, промышленных предприятий. Зеленые насаждения специального назначения располагаются на улицах, в санитарно-защитных и охранных зонах, на кладбищах и возле крематориев, в цветочных хозяйствах. Площади озеленения территорий общего пользования в зависимости от типа и места расположения населенного пункта приведены в табл. 141 и 142.

ТАБЛИЦА 141
Нормативы площади озелененных территорий

Озелененные территории общего пользования в пределах городской черты	Группы городов по численности населения, тыс. чел.	Площадь озелененных территорий, м ² на 1 человека			
		Полесье, Прикарпатье, Закарпатье II В-1, II В-4	Лесостепь II В-2, ПВ-3	Степь Ш-В, Ш-Б	Южный берег Крыма IV В-2
Общегородские	100—1000 и более	10	11	12	15
	50—100	7	8	9	И
	До 50	8(10)	9(11)	10(12)	12(15)
	Сельские поселения	12	13	14	17
Жилые районы	100—1000 и более	6	6	7	8
	50—100	6	6	7	8

ТАБЛИЦА 142
Нормативные показатели уровня озеленения различных структурных элементов в пределах города, %

Структурные элементы	Уровень озеленения
<i>Озелененные территории общего пользования</i>	
Городские парки	65—80
Детские парки	40—55
Спортивные парки	15—30
Мемориальные парки	30—65
Зоологические сады	15—40
Ботанические сады	40—70
Скверы	75—85
Бульвары	60—75
<i>Озелененные территории ограниченного пользования</i>	
Жилые районы	Не менее 25
Участки школ	45—50
Участки детских учреждений	45—55
Участки общественных зданий	Не менее 40
Участки учебных заведений	Почти 50
Участки культурно-зрелищных учреждений	40—60
Участки физкультурно-оздоровительных и спортивных сооружений	30—50
Участки учреждений здравоохранения	55—65
Озелененные территории специального назначения:	
на улицах;	Не менее 25
около санитарно-защитных и охранных зон	60—80

Озеленение территории жилой застройки должно быть не менее 24%, промышленных предприятий — 30%, участков школ и детских дошкольных учреждений — 45—55%, учреждений здравоохранения — не менее 60%.

При озеленении лечебно-профилактических учреждений учитывают максимальную защиту больничных корпусов от шума, пыли, ветра, зноя. Внутреннюю территорию больницы разбивают по типу парка, где преобладает древесно-кустарниковая растительность. Пешеходные дорожки затеняют зелеными насаждениями из пород, выделяющими фитонциды (можжевельник, липа, сосна, ель, рябина, клен татарский, черемуха).

Гигиенические требования к озеленению населенных пунктов учитывают многофункциональное значение древесных и кустарниковых насаждений, нормы озеленения, расположение и размеры зеленых участков в зависимости от назначения, планировки и благоустройства озелененных территорий.

Большое гигиеническое значение имеют площадь и благоустройство парков, садов и скверов. Так, площадь общегородского парка должна быть не менее 15 га, чтобы разместить там все функциональные зоны (зрелищные, спортивно-оздоровительные, отдыха и др.). Озелененные участки должны занимать не менее 70% площади. Парки, сады, скверы и бульвары оборудуют водопроводом, канализацией, водостоками, осветительными приборами и хозяйственными помещениями. Для покрытия аллей, дорожек и площадок рекомендуют использовать плитку, щебень и другие прочные минеральные материалы. Покрытия из теплых асфальтобетонных смесей допускается применять в виде исключения, кроме южных районов.

В жилом районе (или для группы жилых районов при соблюдении допустимого радиуса пешеходной доступности) для отдыха населения создают сады и парки площадью от 3 до 10 га.

Большую оздоровительную роль выполняют озелененные участки вблизи жилых домов (деревья и кустарники), а также газоны на территории школ и детских заведений. Площадь зеленых насаждений в микрорайоне без озелененных участков школ и детских дошкольных учреждений должна быть не менее 6 м² на первую очередь строительства и не менее 9 м² — на расчетный срок на 1 жителя. Озелененные участки должны занимать не менее 40—50% свободной жилой территории.

Зоны отдыха предусматривают на ландшафтно-рекреационных территориях городов (внутригородские), пригородных зон (загородные), в системах расселения (межпоселковые).

Зоны кратковременного отдыха размещают с учетом доступа к ним общественным транспортом (обычно не более 1,5 ч).

Зоны длительного отдыха создают за пределами населенных пунктов в наиболее благоприятных местах. К загородным зеленым массивам принадлежат пригородные леса или парки, рощи, луга, фруктовые сады пригородной сельскохозяйственной зоны, питомники, зеленый пояс вокруг города.

Размещая учреждения и предприятия обслуживания в зонах кратковременного отдыха, формируют общественные центры. Размеры территории речных и озерных пляжей в зонах кратковременного отдыха принимают из расчета не

менее 8 м² на 1 посетителя; длину береговой полосы речных и озерных пляжей — не менее 0,25 м на 1 посетителя.

На примыкающих к пляжам территориях создают припляжную и акваториальную зоны: на 1 посетителя — 15 м² припляжной и 5 м² экваториальной (для купания).

При устройстве автостоянок возле объектов массового отдыха следует учитывать затраты времени на пешеходный подход от мест стоянки автомобилей до отдельных объектов. Они должны составлять 8—15 мин (условная длина пешеходного пути — 450—1000 м), а при наличии общественного транспорта — до 25 мин.

Курортные зоны (курорты) необходимо размещать на территориях, имеющих природные лечебные ресурсы, благоприятные микроклимат, ландшафт и надлежащие санитарно-гигиенические условия. На территории курортных зон сооружают курортно-рекреационные учреждения (санатории, учреждения отдыха и туризма), создают учреждения, предприятия и центры общекурортного обслуживания. Устраивают парки и пляжи, а также специальные бальнеотехнические, берегоукрепляющие и другие инженерные объекты.

Курортные зоны могут быть обособленными, расположенными за пределами городских и сельских поселений. Могут быть функциональными зонами курортных городов и поселков. Они могут выделяться также в других селениях (промышленных, портовых, сельскохозяйственных), на территории которых имеются курортно-рекреационные учреждения.

Количество лечащихся и отдыхающих в курортно-рекреационных учреждениях устанавливают по показателям одновременной вместимости этих учреждений. Количество неорганизованных отдыхающих (в том числе и пользующихся курсовками, абонементом на отдельные виды общекурортного обслуживания) определяется на основании статистических данных в течение нескольких лет с учетом жилищного фонда местного населения.

При проектировании новых и реконструкции сложившихся курортных зон предусматривают:

- размещение курортно-рекреационных учреждений на территориях с допустимым уровнем шума;
- вынос за пределы курортных территорий промышленных и коммунально-складских объектов;
- привлечение жилой застройки и общественных сооружений, расположенных в курортной зоне, в рекреационный фонд для обслуживания лечащихся и отдыхающих;
- полное исключение в пределах курортных зон транзитных транспортных потоков.

Новую жилую застройку для проживания обслуживающего персонала курортно-рекреационных учреждений предусматривают вне курортной зоны на селитебных территориях в пределах 30-минутной доступности транспортом.

Пригородные зеленые зоны. На территориях, прилегающих к городам, следует предусматривать пригородные зоны, использующие резерв для дальнейшего развития городов и размещения объектов их хозяйственного обслу-

живания, а также зеленые зоны для организации отдыха населения, улучшения микроклимата, состояния воздушного бассейна и санитарно-гигиенических условий.

Проект использования территории пригородной зоны разрабатывают одновременно с генеральным планом города с учетом основных градостроительных и санитарных норм, так как в пределах пригородной зоны в соответствии с государственными строительными нормами "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" допускается расположение промышленных, сельскохозяйственных и других предприятий, связанных с обслуживанием города (сортировочные и грузовые станции, аэродромы и аэропорты, водозаборные и очистные сооружения, мусороперерабатывающие и мусоросжигательные заводы, кладбища).

Зеленая зона называется также лесопарковой. Она предназначена главным образом для оборудования загородных парков и садов, питомников и других зеленых насаждений, домов отдыха, пансионатов, детских лагерей отдыха, лесных школ, физкультурных, спортивных и других заведений для отдыха населения. При наличии природно-лечебных факторов в зеленой зоне размещают лечебно-профилактические учреждения.

Площадь лесов и лесопарков, расположенных в пределах зеленой зоны городов, следует принимать из расчета на 1 человека не менее 200 м² для крупнейших и крупных городов, не менее 100 м² для больших и не менее 50 м² — для других городов.

Учитывать большое гигиеническое значение зеленой зоны, врач-гигиенист, выбирая территории для строительства города, должен оценить фактическое использование лесных массивов, возможность организации на их базе лесопаркового пояса, зон массового отдыха населения, а также убедиться в том, что расположенные в пределах зеленой зоны населенные пункты не подлежат дальнейшему территориальному развитию.

Для городов и других населенных мест, расположенных в безлесных районах, вместо зеленой зоны должны предусматриваться защитные полосы зеленых насаждений со стороны господствующих ветров. Ширина таких полос для больших городов составляет 500 м, для средних — 100 м, для малых городов, поселков и сельских населенных пунктов — 50 м.

Гигиенические требования к санитарному благоустройству и инженерному оборудованию населенных мест различного типа

Гигиеническое значение организации улично-дорожной сети. Организация улично-дорожной сети в населенном пункте предусматривает решение комплекса сложных задач, основными из которых являются:

- создание кратчайших путей движения городского транспорта и пешеходов между отдельными частями города;
- организация удаления стоков поверхностных вод;

- размещение инженерных сетей и коммуникаций;
- обеспечение нормального проветривания или защиты от ветра (в зависимости от климатических условий).

Одной из наиболее сложных является транспортная проблема. В городах используют различные виды массового уличного транспорта: троллейбусный, автобусный, трамвайный, такси. В крупнейших городах огромного значения приобрел метрополитен.

Другая, не менее важная задача — организация пешеходного движения. При интенсивном движении транспорта пешеходам стало опасно находиться на улицах города, прежде всего с гигиенической точки зрения. Поэтому выдвинута и решается новая градостроительная проблема — разделение транспортного и пешеходного движения, организация изолированных от транспорта, хорошо озелененных пешеходных улиц прогулочного, торгового и культурного назначения.

Проектируя или реконструируя города, необходимо также учитывать гигиенические требования к защите населения от уличного шума, выхлопных газов автотранспорта, улучшению условий микроклимата и инсоляции застройки.

Удобное обслуживание населения городским транспортом и создание благоприятных условий для проживания вблизи улиц могут быть достигнуты при строгой дифференциации улиц по назначению и видам транспорта и при выполнении требований к улицам различных категорий (рис. 141).

По санитарным нормам все улицы делятся на следующие категории: скоростные дороги; магистральные улицы общегородского и районного значения; улицы и дороги местного значения; улицы жилых, промышленных и коммунально-складских районов; проезды; пешеходные дороги. От этого зависит их профиль, тип покрытия, характер застройки (рис. 142).

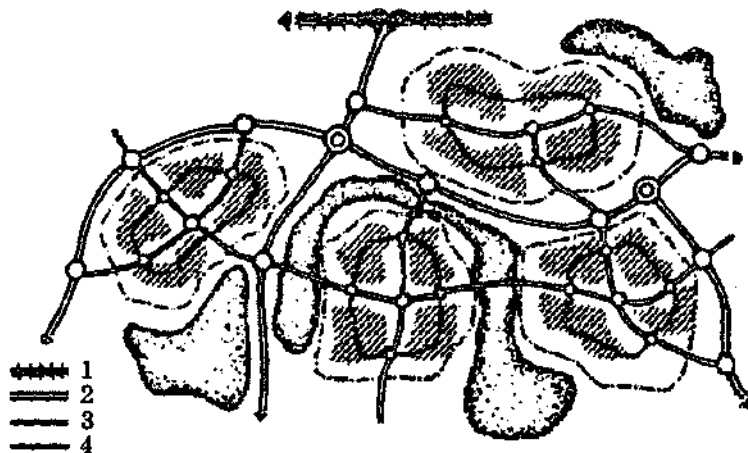


Рис. 141. Основные категории магистральных улиц и дорог в плане города:
1 — скоростная загородная дорога; 2 — городские скоростные дороги; 3 — магистрали общегородского значения; 4 — магистрали районного значения

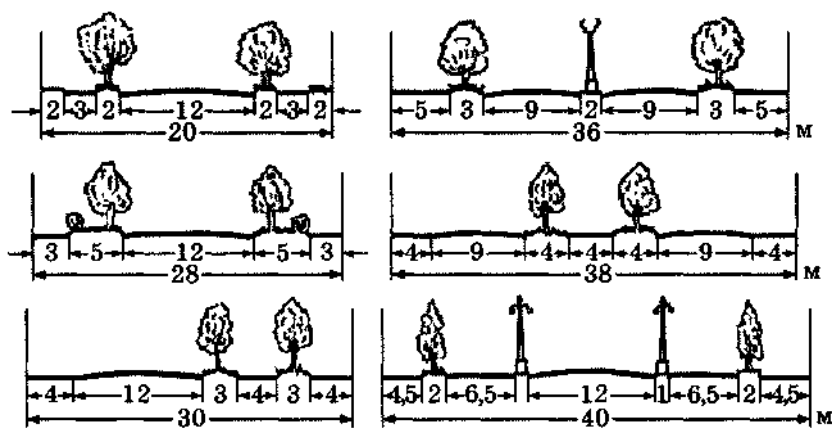


Рис. 142. Поперечные профили магистральных улиц безрельсового транспорта (схема)

Скоростные дороги и дороги грузового движения следует размещать за жилой зоной на территориях СЗЗ, на неудобных для жилой застройки почвах (овраги, тальвеги). На жилых территориях допускается устраивать скоростные дороги при соответствующем технико-экономическом обосновании в выемках, тоннелях, на эстакадах, если скоростной транспорт полностью изолирован от пешеходов и местного движения и соблюдены нормы допустимого уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях. Минимальное расстояние от края проезжей части скоростных дорог и путей грузового движения до линии жилой застройки должно быть 50 м. Разрывы до территории жилой застройки зависят от прогнозируемых расчетов уровня шума.

Ширину улиц устанавливают в зависимости от категории и интенсивности движения транспорта и пешеходов по улице, типа застройки и рельефа местности, требований защиты населения от шума, пыли и выхлопных газов автомобилей, способа отведения ливневых и талых вод, локализации подземных инженерных сетей, зеленых насаждений, оросительных каналов и т. д.

Шириной улицы считается расстояние между противоположными красными линиями. Жилые дома следует располагать, отступив от красной линии, до так называемой линии регулирования застройки. Величина этого отступа зависит от категории улицы и должна быть не менее 6 м на магистральных улицах и не менее 3 м на жилых. Следует помнить, что приведенные минимальные размеры отступа от красной линии на улицах с интенсивным движением общественного транспорта не могут обеспечить допустимые уровни шума в жилых и общественных зданиях. Поэтому во время застройки магистральных улиц необходимы дополнительные мероприятия для нормализации шумового режима.

Большое гигиеническое значение имеет благоустройство улиц (рациональное покрытие, создание продольных и поперечных уклонов, обеспечение водостока, озеленение). Наилучшими гигиеническими качествами обладают по-

крытия из асфальтобетона и асфальта. Их поверхность не имеет швов, такие улицы легко убирать, они относительно бесшумны.

Улицы служат природным стоком для атмосферных и талых вод при условии, что их вертикальная планировка обеспечивает поперечные уклоны для стока с проезжей части в пределах от 1 до 3%, а продольные уклоны составляют в среднем 2—3%.

Озеленение улиц предусматривает защиту населения от пыли и выхлопных газов автотранспорта, а также снижение уровней шума на участках территории жилой застройки, прилегающих к улице. Для защиты территории от шума ширина зеленой полосы должна составлять не менее 10 м. На ней в обязательном порядке высаживают деревья с густой кроной и кустарники.

При проведении гигиенической экспертизы необходимо оценивать проектирование *сети общественного пассажирского транспорта и пешеходного движения*. Общественный транспорт для городов с населением свыше 250 тыс. организуют на основании комплексных схем развития всех видов городского пассажирского транспорта.

Длина пешеходных переходов к ближайшей остановке общественного пассажирского транспорта не должна превышать 500 м; в районах индивидуальной усадебной застройки — 800 м; в производственных и коммунально-складских зонах — 400 м от проходной предприятий; в зонах массового отдыха и спорта — 800 м от главного входа.

В условиях высокой автомобилизации обеспеченность населения транспортом составляет 150—180 легковых автомобилей на 1000 жителей. Поэтому необходимо обращать внимание на сооружения и предприятия для хранения и обслуживания транспортных средств. В жилых районах должно быть обеспечено постоянное хранение всех автомобилей (100%), принадлежащих жителям этих районов, временное хранение автомобилей посетителей (до 10% от расчетного парка автомобилей, принадлежащих жителям данного района). Гаражи и автостоянки индивидуальных автомобилей следует оборудовать главным образом на периферии жилых районов и на междумагистральных территориях или в их пределах на участках, отдаленных от мест, предназначенных для игр детей и отдыха населения.

Наземные и комбинированные (наземно-подземные) гаражи и автостоянки легковых автомобилей должны находиться на определенном расстоянии от жилых и общественных зданий (табл. 143).

К инженерному оборудованию при планировке и застройке населенных мест причисляют сети водоснабжения и водоотведения, энергоснабжения, связи, радиовещания, телевидения.

Решение задач *водоснабжения и водоотведения* в проектах планировки и застройки должно обеспечить:

- оценку условий водоснабжения и водоотведения как элементов комплексной оценки условий развития городов;
- определение мощности систем для проектируемого состава водопользователей;

**Расстояние от гаражей и открытых автостоянок
до жилых и общественных зданий в зависимости
от количества легковых автомобилей, м**

Здания, до которых	Расстояние, м, от гаражей и открытых автостоянок при числе легковых автомобилей				
	10 и менее	11—50	51 — 100	101—300	Свыше 300
Жилые дома.	10**	15	25	35	50
в том числе торцы жилых домов без окон	10**	10**	15	25	35
Общественные здания	10	10**	15	25	25
Общеобразовательные школы и дет- ские учреждения (дошкольные)	15	25	25	50	*
Лечебные учреждения со стациона- ром	25	50	*		•

* Определяют по согласованию с органами государственного санитарного надзора.

** Для зданий гаражей III—IV степеней огнестойкости расстояния следует принимать не менее 12 м.

- разработку принципиальных схем, согласованных с планировочной структурой, функциональным зонированием и требованиями охраны окружающей среды.

Производительность систем водоснабжения и водоотведения устанавливают в зависимости от наибольшего водопользования (водоотведения) населением данной территории. Нормы хозяйственно-питьевого водопользования приведены в разделе I.

Водозаборы из поверхностных источников хозяйственно-питьевых водопроводов следует предусматривать выше выпусков сточных вод населенных пунктов, а также стоянок судов, товарно-транспортных баз и складов в районах, обеспечивающих организацию зон санитарной охраны.

Места выпуска сточных вод должны быть расположены ниже по течению реки от границы населенного пункта и от всех мест его водопользования.

Площадь территории для станции водопровода и очистки сточных вод необходимо определять согласно государственным строительным нормам "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" в зависимости от производительности сооружений.

Зоны санитарной охраны на водопроводах хозяйственно-питьевого назначения в проектах планирования должны предусматриваться согласно требованиям государственных строительных норм "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" (см. раздел I).

Важное санитарное значение имеет размещение на улицах подземных сооружений и коммуникаций: водопровода, хозяйственно-бытовой и ливневой канализации, трубопроводов теплофикации, газоснабжения и пр. (рис. 143). Если такие правила (табл. 144) не будут соблюдены, то в случае аварии может возникнуть чрезвычайная ситуация (загрязнение воды в водопроводных трубах, проникновение газа в жилище, гибель зеленых насаждений и др.).

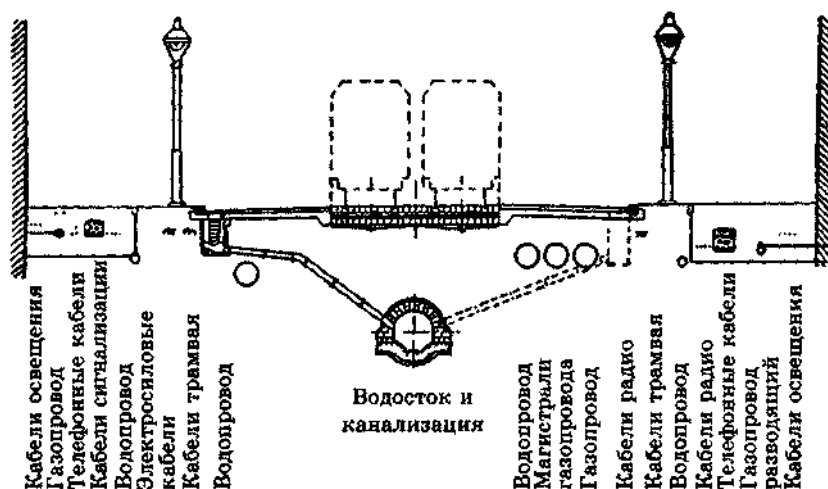


Рис. 143. Схема расположения подземных сооружений улицы

ТАБЛИЦА 144

Размещение подземных коммуникаций трубопроводов

Элементы подземного хозяйства	Глубина закладки	Расстояние
Водопроводные трубы	Ниже зоны промерзания почвы, выше канализационных труб	Не менее 4 м от зданий
Канализационные трубы	Ниже зоны промерзания почвы и водопроводных труб	Не менее 5—6 м от зданий
Водостоки ливневой канализации	Ниже зоны промерзания почвы, выше водопроводных и канализационных труб	Не ближе 3 м от зданий, не меньше 2 м от деревьев и кустов
Трубопроводы газоснабжения	Можно и в зоне промерзания	Не менее 2 м от деревьев и 0,6 м — от кабелей
Трубопроводы теплоснабжения	Не менее 0,6 м	Не ближе 0,5 м от зданий
Электрические кабельные линии	0,7—1,1 м	

Благоустройство и инженерное оборудование сельских населенных мест

Большую роль в улучшении условий жизни сельского населения играют благоустройство и инженерное оборудование сельского поселения, улучшение его водоснабжения, водоотведения и очистки от твердых отходов.

Работы по мелиорации территории и вертикальной планировке сельского населенного пункта включают борьбу с затоплением и подтоплением терри-

торий, снижение уровня грунтовых вод, регулирование водотоков, осушение пойменных мест и устройство открытого дренирования. Все эти мероприятия улучшают санитарное состояние территории, зданий и сооружений.

Вопрос об инженерном оборудовании сельских населенных пунктов следует решать комплексно для селитебной и производственной зон с учетом очередности строительства и соблюдением нормативов.

При проектировании, а также реконструкции сельского населенного пункта решаются задачи снабжения населения водой. Она должна отвечать гигиеническим нормам, независимо от того, строится ли сельский водопровод или используется сооружение местного водоснабжения.

В проекте планировки должны быть указаны источники водоснабжения, а также вариант размещения сооружений и прокладывания инженерных сетей. Выбор способов обработки воды, состав и расположение основных сооружений, а также очередность строительства этих объектов зависят от оценки санитарной ситуации в населенном пункте и принятой в проекте системы застройки селитебной зоны (этажность домов, размеры приусадебных участков, протяженность уличной сети и пр.).

При решении вопроса канализации сельского населенного пункта следует в первую очередь предусмотреть возможность и технико-экономическую целесообразность объединения ее с системой города или поселка, а также промышленного предприятия, которые могут прилегать к населенному пункту.

Рекомендации по канализованию сельских населенных пунктов содержат обычно две очереди в осуществлении этого вида благоустройства: на первой очереди строительства предусмотрено сооружение местных систем, на второй — развитие централизованных систем канализации с соответствующими очистными сооружениями. Очистные сооружения малой канализации выбирают в зависимости от количества поступающих сточных вод. Канализационные выпуски из зданий к местным очистным сооружениям малой канализации необходимо проектировать с учетом дальнейшего их использования в процессе функционирования централизованной системы канализации.

Систему и способы очистки сточных вод выбирают в соответствии с местными условиями: санитарной характеристикой водоема в местах возможного выпуска сточных вод, наличием земельных участков, характером почвы и т. д.

Санитарная очистка сельских населенных мест должна отвечать тем же требованиям, что и в условиях города. Однако необходимо учитывать также особенности, как более тесный, чем в городе, контакт населения с почвой; отсутствие необходимости вывозить отбросы из усадеб; использование пищевых отходов для откорма домашних животных и т. д. Все это заслуживает внимания, так как повышает опасность заражения зоонозами. Поэтому санитарное состояние хозяйственного двора, способ складирования навоза, содержание дворовых уборных и пр. должны быть предметом санитарного просвещения населения.

Современное село, построенное заново или реконструированное, имеет много новшеств, однако остаются неизменными приусадебная застройка, близость к сельскохозяйственным угодьям, что значительно облегчает решение задач санитарной очистки.

Государственный санитарный надзор за планировкой, застройкой и благоустройством населенных мест

Одним из основных принципов деятельности санитарно-эпидемиологических учреждений является осуществление санитарного надзора за планировкой и застройкой населенных мест. Права и обязанности санитарно-эпидемиологической службы в области санитарного надзора определяются "Основами законодательства Украины о здравоохранении", законом Украины "Об обеспечении санитарного и эпидемического благополучия населения".

Санитарный надзор за планировкой и застройкой населенных мест проводят в соответствии с принятыми в стране стадиями проектирования городов и поселков. Он осуществляется при выборе участков под строительство, проектировании населенных мест и их отдельных элементов (промышленных зон, жилых районов и т. д.), а также при реализации утвержденных проектов.

Плановое внедрение системы расселения в Украине, отвечающее требованиям рационального размещения и развития производительных сил в данное время и на перспективу, определяет первую (основную) стадию проектирования населенных мест — генеральную схему расселения в масштабах страны, а также отдельных экономических районов и территориально-промышленных комплексов.

В настоящее время генеральная схема расселения по стране разработана и должна использоваться при осуществлении санитарного надзора, так как все вопросы проектирования населенных мест на стадии районной планировки, разработки или корректирования генеральных планов городов и проектов застройки других населенных мест необходимо оценивать с учетом рекомендаций генеральной схемы и групповых схем расселения.

Участие органов и учреждений санитарно-эпидемиологической службы в разработке проектов населенных мест начинается с санитарного надзора на стадии составления или корректировки проектов районной планировки. В этих проектах определяют основные тенденции развития района, отдельных населенных пунктов, группы взаимозависимых городов и поселков, объединенных в групповую систему. На стадии районной планировки решаются принципиальные вопросы территориального развития существующих или расположения новых городов и поселков, строительства промышленных, сельскохозяйственных и других объектов, которые могут влиять на окружающую среду и условия жизни населения.

Следующим, очень ответственным, этапом санитарного надзора за планировкой и застройкой населенных пунктов является участие в выборе участков под различные виды строительства. Решение гигиенических вопросов на этом этапе невозможно без комплекта материалов по оценке природно-климатических условий и характеристике санитарной ситуации. Для грамотного решения вопроса о выборе участков под строительство объектов, которые могут неблагоприятно влиять на окружающую среду и условия жизни населения, обязатель-

ным является анализ материалов, характеризующих существующее состояние и прогнозные расчеты с учетом возможных изменений мощности, технологии и эффективности очистки промышленных выбросов в атмосферу, водоемы и почву.

Дальнейшие этапы санитарного надзора за планировкой и застройкой населенных мест имеют непосредственное отношение к разработке и реализации их генерального плана. На этом этапе особого значения приобретают своевременность и действенность санитарного надзора за:

- зонированием территории населенного пункта;
- планировкой и благоустройством селитебной зоны (водоснабжением, водоотведением и санитарной очисткой);
- организацией социального культурно-бытового и лечебно-профилактического обслуживания населения;
- созданием условий для отдыха и занятий спортом;
- организацией промышленной, коммунально-складской зон и зоны внешнего транспорта.

Первостепенными при этом являются мероприятия по санитарной охране окружающей среды от загрязнения выбросами промышленных предприятий, твердыми промышленными отходами, а также защита населения от транспортного шума, организация СЗЗ.

Генеральный план города с населением свыше 500 000 разрабатывают в две стадии: технико-экономическое обоснование и собственно генеральный план города. Для других населенных пунктов разрабатывают одностадийный генеральный план.

Для городов, поселков и сельских населенных пунктов с проектным количеством населения до 50 000 генеральные планы обычно объединяют с проектом их детальной планировки.

Для крупнейших и крупных городов одновременно с генеральным планом разрабатывают проект пригородной зоны.

Реализация генерального плана начинается с разработки проекта размещения строительства на кратковременный срок планирования (5 лет). Его разрабатывают как самостоятельный документ для населенных пунктов, среднегодовой объем жилищного строительства которых составляет не менее 50 000 м² общей площади. В этом проекте определяют последовательность и сроки осуществления всех видов строительства и дают анализ практики реализации утвержденного генерального плана, в том числе по таким важным вопросам, как улучшение и охрана окружающей среды, инженерное оборудование, озеленение и благоустройство.

На следующих стадиях градостроительного проектирования (проект детальной планировки селитебной зоны или других функциональных зон, проект застройки новых или реконструируемых микрорайонов и кварталов) уточняют и конкретизируют решения, принятые на предыдущих этапах предупредительного санитарного надзора за планировкой населенных мест.

В проекте планировки промышленной зоны уточняют функциональное зонирование ее территории, определяют размещение промышленных площадок,

отдельных предприятий и объектов внешнего транспорта, складского хозяйства и подъездных путей. Важными разделами указанной проектной документации являются предложения по водоснабжению и водоотведению промышленной зоны, по снижению вредного влияния производственных объектов на окружающую среду.

Проект детальной планировки чаще всего разрабатывают для жилого района, центральной части города, другого населенного пункта или градостроительных комплексов. В проекте отражают вопросы застройки и благоустройства территории в пределах административных районов города, жилых районов, междумагистральных территорий. Определяют систему и этажность застройки, размещение учреждений социально-культурно-бытового и медицинского обслуживания населения, участков озеленения, условия водоснабжения, водоотведения и санитарной очистки.

Детально эти вопросы рассматривают при создании проектов застройки, которые разрабатывают в два этапа: технический проект и рабочие чертежи. Технический проект обычно охватывает всю территорию, а рабочие чертежи — только ту ее часть, которая подлежит застройке в первую очередь.

После утверждения проекта детальной планировки жилого района или микрорайона, а также при наличии генерального плана населенного пункта отведение участков под все виды строительства, предусмотренные этими документами, является этапом санитарного надзора за их реализацией. При осуществлении строительства без утвержденного генерального плана, проекта детальной планировки или проекта застройки, отведение участков под застройку приобретает особое значение, так как в этом случае впервые ставится вопрос о возможности размещения того или иного объекта на предполагаемом земельном участке. В этом случае, как уже отмечалось, гигиенической оценке подлежат природно-климатические условия местности, характеристика санитарной ситуации и материалы технического обоснования строительства.

Санитарный надзор за планировкой населенных мест на каждом из этапов имеет свои особенности, связанные с организацией работы, ее содержанием и разными методами, используемыми для гигиенической оценки тех или иных решений. Основными направлениями деятельности врача-гигиениста, крайне необходимыми для проведения санитарного надзора на любой стадии проектирования населенных мест, являются:

- участие в предварительных работах на подготовительном этапе проектирования (санитарное обследование, проведение специальных исследований, изучение материалов, содержащихся в проектных и других организациях, и пр.);
- участие в разработке проекта (упорядочение санитарной характеристики и санитарного задания к проекту); консультации в процессе разработки проекта; оценка отдельных материалов, например, прогнозных расчетов состояния окружающей среды, уровней шума и пр.;
- проведение санитарной экспертизы и составление заключения по проекту;
- санитарный надзор за реализацией проекта.

В соответствии с законом Украины "Об охране окружающей природной среды" в проектах районной планировки и застройки городов, сельских населенных пунктов, объектов жилищно-гражданского строительства также в проектах строительства промышленных предприятий специальным разделом должны быть выделены мероприятия по санитарной охране атмосферного воздуха, водоемов и почвы от загрязнения промышленными выбросами.

Наиболее сложные вопросы при санитарном надзоре возникают на стадии разработки генерального плана города. При этом деятельность учреждений санитарно-эпидемиологической службы обязательна на разных этапах проектирования (подготовительного, разработки проекта, рассмотрения проектной документации) и реализации принятых решений во время строительства населенного пункта.

На подготовительном этапе органы и учреждения санитарно-эпидемиологической службы разрабатывают санитарное задание, которое должно войти в задание разработки проекта города. Одновременно составляют программу работы, которой определяют потребность в выполнении специальных исследований и расчетов. Этой программой предусматривают санитарное обследование территории города, отдельных его зон, объектов и сооружений, сбор, анализ и обобщение материалов, имеющихся в учреждениях здравоохранения и других ведомствах, о санитарной характеристике условий жизни населения и их влияние на состояние здоровья, оформление санитарной характеристики и обоснование очередности оздоровительных мероприятий.

На этапе разработки генерального плана специалисты санитарно-эпидемиологической службы принимают участие в оценке отдельных решений, в том числе выборе наиболее благоприятных вариантов такого плана.

Особенно важно участие врача-гигиениста при разработке раздела генерального плана "Охрана и улучшение окружающей среды". Именно в этот период еще можно осуществить дополнительные санитарные обследования, наблюдения и другие работы, научно обосновать и предложить наиболее оптимальное решение вопросов охраны окружающей среды и улучшения санитарных условий жизни населения.

Большое значение имеет и консультативная деятельность врача-гигиениста при проектировании объектов.

Рассмотрение генерального плана и составление санитарного заключения являются следующими этапами деятельности врача-гигиениста. Для согласования генерального плана проектная организация представляет органам и учреждениям санитарно-эпидемиологической службы пояснительную записку и графический материал, содержащие все данные, необходимые для оценки санитарных условий жизни населения.

При рассмотрении генерального плана врач-гигиенист обращает внимание на выполнение санитарного задания, выданного учреждениями санитарно-эпидемиологической службы в подготовительном этапе. Анализирует перечень и очередность оздоровительных мероприятий и составляет заключение с гигиенической оценкой их эффективности.

Утвержденный проект генерального плана является документом, которым должны руководствоваться все организации и ведомства при размещении разных видов строительства на территории города или другого населенного пункта.

Учреждения санитарно-эпидемиологической службы осуществляют санитарный надзор за реализацией генеральных планов. При этом систематически контролируют сроки выполнения предусмотренных мероприятий по охране и улучшению окружающей среды. Осуществляют контроль строительства сооружений по очистке промышленных выбросов в атмосферный воздух и производственных сточных вод перед отведением в водоемы, за изменением профиля или технологии производства, выведением предприятий из селитебных зон, организацией СЗЗ и пр. Следят за развитием систем водоснабжения и водоотведения, очередностью и комплексностью нового жилищного строительства, реконструкцией существующей застройки и пр.

РАЗДЕЛ
VIII
ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ
КАК ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ
ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Всемирной ассамблеей здравоохранения в мае 1998 г. для стран, входящих в ВОЗ, утверждена Всемирная Декларация по охране здоровья, в которой отмечено, что улучшение здоровья и материального состояния населения является конечной целью социального и экономического развития.

Значение проблемы здоровья особенно возросло в последнее время, так как состояние здоровья населения существенно изменилось, возникли новые закономерности распространенности и характера патологии человека, иначе протекают демографические процессы. Указанные изменения в состоянии здоровья населения можно обобщенно охарактеризовать так:

- ускорился темп динамики всех показателей, характеризующих здоровье (заболеваемость, инвалидность, смертность, физическое развитие);
- сложился новый неэпидемический тип патологии;
- произошли характерные демографические изменения (старение, урбанизация, сдвиг в структуре смертности);
- определился ряд заболеваний, частота которых резко возросла в последнее время (болезни органов кровообращения, хронические неспецифические заболевания органов дыхания, несчастные случаи, отравление, травмы и пр.);
- выделилась группа заболеваний, которые ранее редко встречались: эндокринные, аллергические, врожденные пороки, болезни иммунной системы и др.;
- выросла заболеваемость некоторыми инфекционными болезнями: туберкулезом, СПИДом, корью, дифтерией, вирусным гепатитом В, герпесом, аденовирусными болезнями и др.;
- сложилась тенденция множественной патологии у одного больного;
- определилась многофакторность влияния и необходимость системного подхода к профилактике.

Все изложенное выше определяет большую актуальность проблемы здоровья на современном этапе. Проведение широких профилактических мероприятий по укреплению здоровья людей предопределяет наличие четкого опреде-

ления понятия здоровья. Не имея четких границ в определении понятия здоровья, практически невозможно изучить влияние на него различных факторов окружающей среды, классифицировать население по группам здоровья, изучить эффективность проведенных гигиенических мероприятий.

Определение понятия и критериев здоровья

. Дать общее определение понятию здоровья населения весьма сложно. Это понятие, с одной стороны, методологическое, философское, с другой — практическое, которое можно и следует использовать в повседневной деятельности медицинских работников.

Академик И.В. Давидовский отмечал, что понятие нормы и заболевания хорошо различает сам больной, наука же не дает четкого определения.

Известный английский естествоиспытатель и философ XIX в. Т. Гексли в свое время писал, что благодаря значительному прогрессу медицинских исследований практически больше нет ни одного здорового человека. Патолог В.В. Пашутин более 100 лет тому утверждал приблизительно то же самое: "...идеальное здоровое состояние организма, то есть физиологическое, есть собственно фикция; такое состояние появляется в организме разве только временами"¹.

Со времен Т. Гексли и В.В. Пашутина медицина сделала огромный шаг вперед, в том числе и в методах диагностики заболеваний. Таким образом, в отношении современных людей можно было бы утверждать, что среди них нет ни одного здорового. Но это совсем не так. Если допустить, что почти каждый человек на земном шаре страдает наследственным или приобретенным заболеванием, то следует принять утверждение, согласно которому нормальным состоянием людей является болезненное. В таком случае изучение влияния окружающей среды не имеет смысла, потому что здоровых людей вообще не обнаружится, у каждого при детальном обследовании можно найти те или другие функциональные или структурные отклонения от нормы.

Очевидно, что определение здоровья должно отображать что-то основное, существенное для организма. Это позволило бы однозначно ограничить круг больных людей и потом изучить, отчего они заболели, какие к этому привели факторы.

В настоящее время имеется очень много определений понятия здоровья. В научной литературе одновременно используют не только разные определения, но и различные подходы к их формулировке. Больше всего определений, рассматривающих здоровье человека как какой-то функциональный оптимум, как гармонию всех частей организма. Такой подход имеет исторические корни. Еще Ф.А. Брокгауз и Е.А. Эфрон (1894) в своем известном энциклопедическом

Пашутин В.В. Курс общей и экспериментальной патологии. — СПб.: Б.и., 1885. — Т. 1, ч. 1. — С. 14.

словаре определяли здоровье как "состояние организма, все части которого нормально развиты и правильно функционируют".

Анализируя множество различных функциональных определений здоровья, А.Д. Степанов (1975) предложил считать здоровьем такое состояние организма, при котором он способен полноценно выполнять свои функции.

Весьма оригинальное определение здоровья дает В.П. Казначеев: "Здоровье — это процесс сохранения и развития биологических, физиологических, психологических функций, оптимальной трудоспособности и социальной активности человека при максимальной продолжительности его жизни"¹.

Некоторые исследователи рассматривают здоровье с точки зрения равновесия организма с окружающей средой. Этот подход тоже является не новым. Известный клиницист С.П. Боткин еще в XIX в. писал, что "проявление жизни в состоянии равновесия его отправления составляет нормальную или здоровую жизнь"².

Примерно такая же трактовка здоровья человека приведена и в последнем издании Большой Медицинской Энциклопедии: здоровье — это "естественное состояние организма, характеризующееся его полной уравновешенностью с биосферой и отсутствием каких-либо выраженных болезненных изменений"³.

Существует целая группа определений здоровья, которые это понятие рассматривают как максимально возможный вариант состояния организма. На таких максималистских позициях построено официальное определение ВОЗ, которое приведено в предисловии к ее уставу (1946): "Здоровье — это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни или физических дефектов"⁴. Указанное определение до некоторой степени спорное. Во-первых, понятие социального благополучия субъективное, очень широкое и требует, в свою очередь, четкого определения. Во-вторых, социальная полноценность человека далеко не всегда характеризуется количественными критериями и его биологическим состоянием. В-третьих, исходя из этого определения, практически невозможно отыскать здорового человека.

В практической деятельности врачей гигиенического и лечебного профиля чаще всего используется определение здоровья как среднестатистической величины. С помощью такого подхода характеризуется здоровье группы лиц, которые находятся в идентичных социально-экономических условиях.

Среднестатистическое истолкование здоровья (нормы) должно быть дополнено представлениями о том, что статистический интервал средней величины рассматривается как оптимальная зона, в границах которой организм не переходит на патологический уровень саморегуляции. На данный момент определено большое число границ колебаний различных показателей организма,

Казначеев В.П. Биосистема и адаптация. — Новосибирск: Б.и., 1972. — С. 306.

Боткин С.П. Общие основы клинической медицины. — СПб.: Б.и., 1887. — С. 86.

³ *БМЭ*, 3-е изд. — М.: Медицина, 1978. — Т. 8 — С. 356.

Там же.

которые можно считать своеобразными критериями индивидуального здоровья. Такой подход, но с учетом рекомендации ВОЗ о необходимости анализа при оценке здоровья еще и психологических, и социальных признаков, часто используется на практике.

Таким образом, основные положения комплексного подхода к здоровью как к среднестатистической величине можно кратко сформулировать так: 1) состояние здоровья определяется у групп лиц с идентичными социально-экономическими условиями; 2) здоровьем (нормой) считается состояние, которое встречается у лиц, входящих в 95% доверительный интервал популяции; 3) доверительный интервал рассматривается как оптимальная зона, в пределах которой организм не переходит на патологический уровень саморегуляции.

Как видно из вышесказанного, существуют различные подходы к определению здоровья. Некоторые из них имеют свои положительные стороны и свои недостатки. Практически же в каждом определении не учитываются важные стороны жизнедеятельности человека, группы людей, популяции в целом. Очевидно, какое-то единое, универсальное, достаточное для всех случаев жизни определение здоровья не может быть сформулировано. Имеют право на существование различные определения, но использование каждого из них должно быть ограничено целью его применения.

Существует несколько понятий здоровья, имеющих разное содержание: 1) общепатологическое (философское), которое дает методологическую установку на трактовку понятий нормы (здоровья) и болезни у всякого живого организма (у растений, животных, людей) и из которого должны вытекать специальные определения здоровья; 2) популяционное (здоровье населения, группы людей, популяции); 3) индивидуальное. При этом понятие индивидуального здоровья (отдельного человека) должно рассматриваться с двух позиций: а) чисто теоретической — как максимально возможный оптимум для человека, к которому нужно стремиться в идеале, но которого практически невозможно достичь; б) практической — как фактическая характеристика уровня здоровья конкретного человека, с помощью которой можно было бы каждому медицинскому работнику достаточно легко ответить на вопрос, здоров ли данный индивид.

Использовать то или иное из указанных понятий здоровья следует в зависимости от цели, которая стоит перед врачом-гигиенистом в каждом конкретном случае. Если речь идет о здоровье коллектива, группы людей, популяции, необходимо применять определения популяционного здоровья; если необходимо поставить перед собой цель достижения максимального уровня здоровья каждого конкретного человека, используется понятие индивидуального, теоретически возможного уровня здоровья, и, наконец, для решения практического вопроса об отнесении конкретного индивида к категории здоровых или больных лиц, следует использовать определение индивидуального фактического здоровья.

Ниже приведены формулировки определений здоровья, которые наиболее часто используют при характеристике определенных понятий здоровья.

Общепатологическое понятие здоровья (норма) — интервал, в пределах которого количественные колебания психофизиологических процессов способ-

ны удерживать живую систему на уровне функционального оптимума (оптимальная зона, в пределах которого организм не выходит на патологический уровень саморегуляции).

Популяционное здоровье — условное статистическое понятие, которое достаточно полно характеризуется комплексом демографических показателей, уровнем физического развития, заболеваемостью и частотой преморбидных состояний, инвалидностью определенной группы населения.

Индивидуальное теоретическое здоровье — состояние полного социального, биологического и психического благополучия, когда функции всех органов и систем организма человека уравновешены с окружающей средой, отсутствуют какие-либо заболевания, болезненные состояния и физические дефекты.

Индивидуальное фактическое здоровье — состояние организма, при котором он способен полноценно выполнять свои социальные и биологические функции.

Для количественного описания уровня фактического здоровья индивида предложено много различных критериев, например: 1) функциональное состояние основных органов и систем (сердечно-сосудистой, дыхания, ЦНС, крови); 2) уровень физического развития и его гармоничность; 3) резистентность организма по отношению к неблагоприятным факторам окружающей среды (оценивается по частоте и продолжительности заболеваний за определенный период).

Прежде чем перейти к рассмотрению количественных показателей популяционного здоровья (населения, общественного), необходимо определить понятия населения, популяции и когорты, которые часто применяются в медицинской практике.

Населением принято называть совокупность людей, проживающих на определенной территории и способных к самовосстановлению своей численности. В специальной литературе используются также более детальные категории понятия населения: наличное, постоянное, юридическое, расчетное наличное.

Наличное население — число всех лиц, которые в критический момент переписи (конкретная дата и время фиксации переписчиками состояния населения, например на 0 часов 17 января года переписи) находились в данном населенном пункте, включая временно проживающих и исключая временно отсутствующих.

Постоянное население — число всех лиц, постоянно проживающих в данном населенном пункте, включая временно отсутствующих и исключая временно проживающих.

Юридическое население — число всех лиц, внесенных в списки жителей данной территории независимо от их постоянного места жительства и пребывания в момент переписи.

Расчетное наличное население — число лиц, имеющих в наличии на данной территории в период между переписями.

Популяция — часть населения в пределах конкретной территории, выделенная по наиболее характерным для ее жизнедеятельности социально-эконо-

мическим, экологическим факторам, демографическим и этническим характеристикам, образу жизни, ценностным ориентациям, традициям и прочим признакам, объединяющим ее как единое целое с присущими ей общегрупповыми процессами формирования уровня здоровья.

В связи с тем что и среди населения, и в популяции имеются люди различного возраста, разных профессий, продолжительности проживания в данном населенном пункте и т. д., в гигиеничных исследованиях для исключения влияния этих факторов и достижения чистоты натурального эксперимента (в плане изучения только фиксированных в конкретном исследовании отдельных факторов) часто применяют понятие когорты.

Когорта — часть населения, объединенная единым сроком наступления определенного события (рождения, приезда в данный населенный пункт или проживания в определенной его зоне, начала трудовой деятельности или работы по определенной профессии, вступления в брак и т. п.).

В свое время Ф.Ф. Эрисман в трехтомном труде "Курс гигиены" отмечал, что здоровье населения — это сложное понятие, которое может быть описано только комплексом различных характеристик: "санитарная обстановка" (здоровье) данного населения характеризуется законами, "которым подчиняются, с одной стороны, физическое развитие, а с другой — заболеваемость и смертность народонаселения".

Зная содержание вышеперечисленных категорий населения, можно перейти к рассмотрению критериев популяционного здоровья (здоровья населения, общественного здоровья).

В настоящее время уровень здоровья населения, исходя из определения понятия популяционного здоровья и перечня его критериев, данного ВОЗ, можно в целом охарактеризовать следующими показателями: медицинскими (заболеваемость и частота отдельных преморбидных состояний, смертность общая и детская, физическое развитие, инвалидность), социального благополучия (демографическая ситуация, санитарно-гигиенические показатели факторов окружающей среды, образ жизни, уровень медицинской помощи, социально-гигиенические показатели), психического (заболеваемость психическими болезнями, частота возникновения невротических состояний и психопатий, психологический микроклимат).

Из перечисленных показателей здоровья чаще всего используют медицинские, хотя большинство из них отражают не собственно уровень здоровья, а распространенность заболеваний — заболеваемость, инвалидность, смертность, т. е. показатели "нездоровья": чем они выше, тем ниже уровень здоровья соответствующей группы населения.

ВОЗ разработала перечень критериев социального благополучия, с помощью которых можно проконтролировать степень достижения в разных странах выдвинутой Генеральной ассамблеей ВОЗ программы "Здоровье для всех

Эрисман Ф.Ф. Санитарная статистика: Приложение к курсу гигиены. — М.: Б.и., 1887. — Т. 2 — С. 5.

к 2000 году". В число этих критериев входят: 1) процент валового национального продукта, используемого на нужды здравоохранения; 2) доступность первичной медико-санитарной помощи; 3) охват населения безопасным водоснабжением; 4) процент лиц, иммунизированных против 6 особо распространенных среди населения развивающихся стран инфекционных заболеваний (дифтерии, коклюша, столбняка, кори, полиомиелита и туберкулеза); 5) процент обслуживания женщин квалифицированным персоналом в период беременности и в родах; 6) процент детей, родившихся с небольшой массой тела (менее 2500 г); 7) средняя продолжительность предстоящей жизни; 8) уровень грамотности населения.

В связи с отрицательным характером многих медицинских показателей здоровья населения (заболеваемость, смертность и др.) предприняты попытки дать положительные показатели общественного здоровья. В качестве примера можно привести определение Д.Д. Бенедиктова (1981): "Общественное здоровье — это такая интегративная характеристика всей совокупности индивидуальных уровней здоровья членов общества, которая, с одной стороны, отражает степень вероятности для каждого человека достижения максимального уровня здоровья и творческой трудоспособности на протяжении максимально продолжительной индивидуальной жизни, а с другой — характеризует жизнеспособность всего общества как социального организма, его возможности самозащиты и дальнейшего пропорционального роста и социально-экономического развития, рационального использования природных ресурсов и поддержания экономического и другого равновесия с окружающей природой и социальной средой"¹.

Это определение поддерживают Ю.П. Лисицин и А.В. Сахно (1984), которые предложили для наглядного его представления структурную формулу:

$$\text{Общественное здоровье} = \frac{X_1 + X_2}{X_3} / \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{Y_5 + Y_6 + Y_7},$$

где X_1 — максимальный уровень здоровья; X_2 — творческая трудоспособность; X_3 — максимально продленная индивидуальная жизнь; Y_1 — жизнеспособность общества как социального организма; Y_2 — возможность самозащиты общества; Y_3 — дальнейший пропорциональный рост общества; Y_4 — социально-экономическое развитие; Y_5 — рациональное использование природных ресурсов; Y_6 — поддержание экономического равновесия; Y_7 — прочее равновесие с природной и социальной средой.

Приведенные показатели здоровья имеют только теоретическую ценность, так как ни одно из них нельзя использовать на практике из-за отсутствия критериев их количественного измерения.

Поэтому в ближайшем будущем для характеристики популяционного здоровья целесообразно применять медицинские показатели, отражающие заболеваемость, смертность и пр.

Бенедиктов Д.Д. Всеобщее право на здоровье и его реализация в различных странах мира. — М. : Медицина, 1981. — С. 234.

Методические принципы изучения состояния здоровья населения

Данные о заболеваемости, смертности, инвалидности, физическом развитии населения можно получить из различных источников информации, основными группами которых являются: 1) официальные отчеты лечебно-профилактических учреждений и органов здравоохранения, социального обеспечения, ЗАГСов, органов государственной статистики; 2) специально организованный учет случаев заболеваний и смертей в лечебно-профилактических учреждениях выделенных зон наблюдения — так называемые проспективные исследования; 3) ретроспективная информация за прошедший период; 4) данные врачебных осмотров населения; 5) данные клинических обследований, лабораторных и инструментальных исследований; 6) результаты медико-социологических исследований (опрос, анкетирование) населения; 7) результаты математического моделирования и прогнозирования.

Для решения оперативных повседневных гигиенических вопросов наиболее часто ограничиваются использованием источников первых трех групп, так как остальные хотя и дают более точные данные о здоровье, но очень громоздкие и дорогостоящие. Например, для учета максимального числа наиболее влияющих факторов окружающей среды и выявления закономерностей их изолированного и комплексного воздействия на здоровье людей требуются ответы населения, экологов и медицинских работников на большое число вопросов, содержащихся в специальных статистических картах, разработанных для конкретных исследований. Таких карт на каждого обследованного может быть более 10 с суммарным числом вопросов более тысячи, без учета необходимости получения и параллельного анализа обширной информации о состоянии окружающей среды.

После получения информации о показателях, характеризующих с различных сторон (от физического развития до смертности) состояние здоровья населения, необходимо дать интегральную оценку уровня здоровья, обобщив все показатели. Для этого проводят концептуальный (качественный) и математико-статистический (количественный) анализ. Итогом концептуального анализа является распределение населения на группы здоровья, а вследствие математико-статистического анализа можно рассчитать обобщенный индекс здоровья данной группы людей.

В дальнейшем с помощью математического моделирования можно установить количественную зависимость между факторами окружающей среды и группами или индексами здоровья (схема 3).

Группы здоровья. Идея распределения людей на несколько групп по уровню здоровья не является новой. В качестве примера можно привести классификацию С. С. Вору па (1960), согласно которой население делится на здоровых и больных с выделением следующих групп здоровых лиц: 1) без какого-либо физического или психического дефекта; 2) с врожденным дефектом,

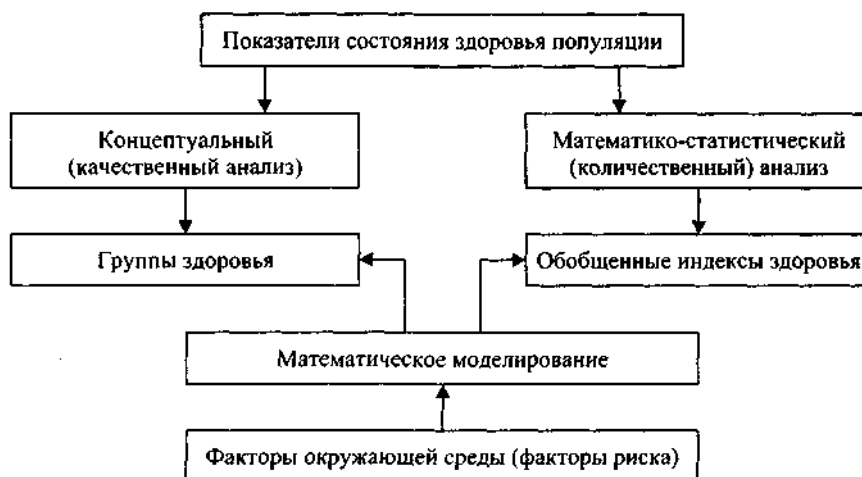


Схема 3. Интегральная оценка состояния здоровья популяции

не вызывающим заметного болезненного состояния и не требующим лечения; 3) со следами деформирующих влияний перенесенных болезней и ранений, не вызывающих заметного болезненного состояния и не требующих лечения; 4) с латентными или начальными признаками заболевания, не вызывающими болезненного состояния или ограничения дееспособности.

В Украине в течение последних лет использовалась классификация населения по группам здоровья (табл. 145). Эта классификация позволяет однозначно оценивать изменения в здоровье популяции путем анализа переходов людей из одной группы в другую.

Фактическое распределение населения на группы здоровья может быть приблизительно таким, как показано в табл. 146, т. е. с учетом, помимо критериев распределения населения на группы здоровья, данных о структуре населения по выделенным группам, полученных на больших популяциях. Эти данные можно использовать как своеобразный эталон (относительную гигиеническую норму) для сравнения результатов гигиенических исследований.

ТАБЛИЦА 145

Классификация населения по группам здоровья

Группа здоровья	Критерии здоровья
I	Здоровые
II	Лица с факторами риска; патофизиологическими и биохимическими отклонениями от нормы — преморбидными состояниями; лица, эпизодически болеющие ОРВИ
III	Лица, часто болеющие ОРВИ; страдающие хроническими заболеваниями без обострений на протяжении года
IV	Лица, страдающие хроническими заболеваниями, с обострениями на протяжении года
V	Инвалиды по болезни

ТАБЛИЦА 146

Распределение населения на группы здоровья по критериям здоровья

Группа здоровья	Критерии здоровья	Удельный вес населения в группе, %	
		Мужчины	Женщины
I	Здоровые: а) не болевшие за период наблюдения (3 года) острыми и хроническими заболеваниями, у которых при медицинских осмотрах не выявлено отклонений от нормы; б) болевшие за период наблюдения 1–3 раза ОРВИ, у которых при медицинских осмотрах не выявлено отклонений от нормы	27–28	20–21
II	Практически здоровые: а) болевшие более 3 раз ОРВИ, у которых при медицинских осмотрах не выявлено отклонений от нормы; б) с функциональными отклонениями, преморбидным состоянием или незначительными последствиями болезни, выявленными при медицинских осмотрах	20–21	16–17
III	Хронические больные в стадии компенсации	39–40	47–48
IV	Хронические больные в стадии субкомпенсации	11–12	14–15
V	Хронические больные в стадии декомпенсации	1	0,8

Приведенные в табл. 145 и 146 схемы распределения населения на группы здоровья не учитывают такой показатель здоровья, как физическое развитие, что особенно важно при комплексной оценке состояния здоровья детей и подростков. Методика представленная в табл. 147, позволяет охарактеризовать состояние здоровья с учетом физическое развитие (Р.С. Стальнова, 1977).

Как уже отмечалось, распределение на группы здоровья представляет собой концептуальный (качественный) анализ состояния здоровья. Однако для моделирования взаимосвязей в системе окружающая среда — здоровье и определения ее количественной характеристики целесообразнее применять математико-статистический анализ, в частности использовать обобщенные индексы здоровья. Указанные индексы характеризуют уровень здоровья населения, интегрируя в себе ряд показателей. Так как эти индексы играют важную роль, к ним предъявляются достаточно высокие требования, которые сформулированы ВОЗ еще в 1971 г. и дополнены отечественными учеными: 1) доступность данных для расчета индекса; 2) полнота охвата населения; 3) достоверность (данные не должны изменяться во времени и пространстве, чтобы

ТАБЛИЦА 147

Распределение населения на группы здоровья с учетом физического развития

Оценка состояния здоровья	Группы здоровья	Физическое развитие
Очень хорошее	I	Гармоничное
Хорошее	I	Негармоничное
	II	Гармоничное
Удовлетворительное	II	Негармоничное
	III	Гармоничное
Неудовлетворительное	III	Негармоничное
Плохое	IV	Независимо от физического развития
	V	

не оказать существенного влияния на индекс); 4) вычисляемость (простота и невысокая стоимость расчета); 5) приемлемость метода расчета и оценки; 6) воспроизводимость различными специалистами; 7) специфичность (отражение изменения только в определенных явлениях, выражением которых служит индекс); 8) чувствительность к изменению соответствующих явлений; 9) валидность (мера истинного выражения факторов); 10) репрезентативность (отражение изменений в здоровье отдельных групп населения — возрастно-половых и др.); 11) иерархичность (единый принцип для всех иерархических уровней); 12) целевая состоятельность (адекватно отражение цели улучшения здоровья).

При изучении влияния окружающей среды на здоровье населения нашли практическое применение достаточно простые индексы Л.Е. Полякова и Д.М. Малинского (1971), С.А. Гаспаряна (1978), Ю.М. Комарова (1979) и других ученых. Методика достаточно простого расчета индекса Л.Е. Полякова и Д.М. Малинского включает: 1) расчет отдельных показателей здоровья (заболеваемости, инвалидности, физического развития, смертности и др.) для каждой сравниваемой популяции (P_{ij} , где i — номер показателя; j — номер популяции); 2) расчет усредненных показателей здоровья ($\bar{P}_i$) для всех сравниваемых популяций; 3) расчет нормированных по среднему уровню отдельных показателей здоровья (ω_{ij}) для каждой сравниваемой популяции:

$$\omega_{ij} = \frac{P_{ij} - \bar{P}_i}{\sigma_i},$$

где σ_i — среднее квадратичное отклонение i -показателя во множестве исследуемых популяций; 4) замена ω_{ij} вероятностными оценками (β_{ij}) по специальной таблице, в которой β_{ij} изменяются от 0,01 до 0,99 в зависимости от величины ω_{ij} (например, при нахождении ω_{ij} в интервале от 2,00 до 2,49 вероятностная оценка β_{ij} принимается равной 0,91); 5) расчет обобщенного индекса здоровья (K_j) для j -популяции:

$$K_j = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \beta_{ij}}{n} \right) \times 100,$$

где n — количество отдельных показателей здоровья, рассчитанных для введения в индекс.

Таким образом, состояние здоровья населения в обобщенном виде можно охарактеризовать с помощью как качественных критериев — распределением на группы здоровья, так и количественных — индексов здоровья.

На следующем этапе анализа здоровья населения устанавливают связь между факторами окружающей среды и состоянием здоровья, выраженным распределением на группы или индексом. Для решения такого вида задач, используют различные методы, которые могут быть разделены на следующие группы: 1) личный опыт и интуиция; 2) мнений экспертов; 3) анализ данных литературы; 4) статистический анализ; 5) эксперимент; 6) математическое моделирование; 7) системный анализ.

Необходимо несколько детальнее остановиться на системном анализе. Последний представляет собой методологию комплексного изучения системы как одного целого (ее цели, функции, структуры, организации, выявление отрицательных и положительных сторон) и разработки мероприятий для ее коррекции на основании использования различных наук, математических методов и вычислительной техники. Система — это совокупность составных элементов, взаимодействующих между собой и внешней средой и объединенных общими законами функционирования (Е.Н. Шиган, 1982).

Следовательно, системный анализ является оптимальным методом выявления приоритета в действии факторов окружающей среды на здоровье населения. Он объединяет в себе все вышеперечисленные методы.

Характеризуя методологию изучения системы окружающей среда — здоровья, следует остановиться и на таких понятиях, как факториальный и результативный признаки.

Факториальный признак — этиологический фактор окружающей среды, фактор риска или их сочетание, влияние которых на здоровье исследуется. Он чаще обозначается как *X*.

Результативный признак — показатель состояния здоровья, совокупность показателей здоровья или интегральный индекс здоровья. Его принято обозначать как *Y*.

Влияние факториального признака на результативный изучают поэтапно.

В целом деятельность санитарно-эпидемиологической службы по выявлению и оценке связей между факторами окружающей среды и здоровьем населения может быть представлена в виде принципиальной схемы (схема 4).

Изучение влияния факторов окружающей среды на здоровье населения начинают с определения цели, задач и программы исследования. Это очень важный в методологическом плане этап исследования.

Четко сформулированная цель работы (например, разработка и внедрение комплекса профилактических мероприятий по уменьшению вредного воздействия на людей пестицидов, используемых в сельском хозяйстве) обуславливает необходимость решения целого ряда задач. Достичь цели можно, опираясь лишь на определенную информацию, полученную во время проведения самого исследования, а точнее, вследствие решения задач этого исследования. Например, для разработки комплекса профилактических мероприятий, направленных на предотвращение вредного влияния пестицидов на здоровье человека, необходимо предварительно получить ответы на такие вопросы: какие группы пестицидов и когда наиболее часто применяются на данной территории; каким путем они чаще всего поступают в организм людей; какие изменения возникают в здоровье людей, кто эти люди по профессии, возрасту, полу, месту жительства и др. Зная ответы на эти и другие вопросы, т. е. решив поставленные задачи, можно разработать профилактические мероприятия применительно к сформулированной цели.

Для решения каждой задачи исследования необходимо разработать ее программу. Программой принято называть совокупность методик и методических подходов, с помощью которых каждая конкретная задача может быть решена

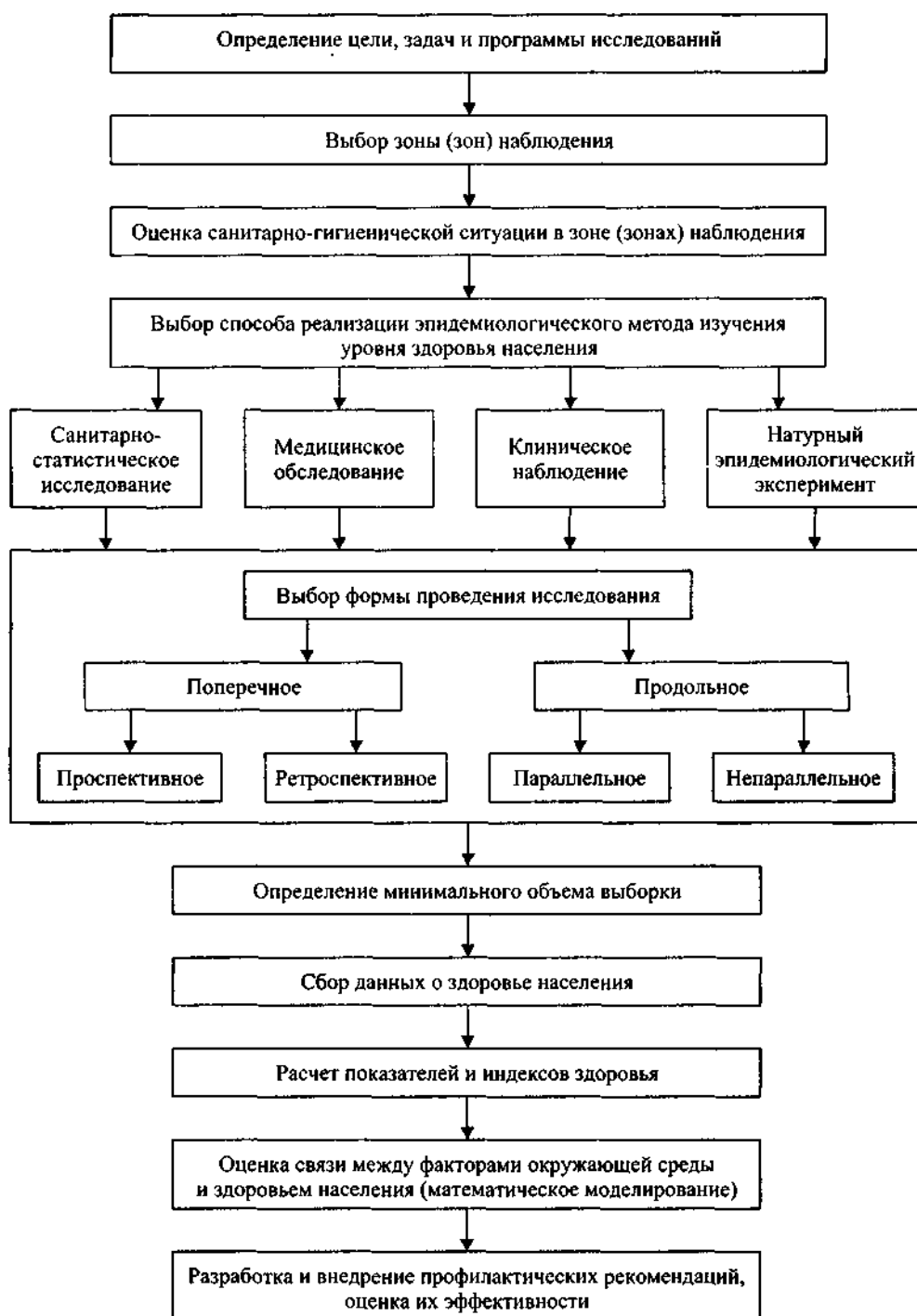


Схема 4. Выявление и оценка взаимосвязей факторов окружающей среды и здоровья населения

в достаточно полном объеме и с достаточно высокой степенью точности. Для разработки программы, как правило, используют данные специальной научной литературы, личный опыт врачей-гигиенистов, учитывается мнение экспертов-ученых, которые занимаются данной проблемой.

После определения цели, задач и программы изучения влияния факторов окружающей среды на здоровье населения необходимо выбрать зону (зоны), в которой это исследование будет проведено. *Зоной наблюдения* называется четко ограниченная территория (области, района, города, микрорайона, сельского населенного пункта, группы сел) с проживающим в ней населением, в которой регистрируются (исследуемая зона) или не регистрируются (контрольная зона) превышающие норму (или установленную в данном исследовании границу) уровни распространенности исследуемого фактора (факторов) окружающей среды.

В отдельных случаях под зоной наблюдения подразумевают определенное промышленное предприятие или учреждение (школа, детское дошкольное учреждение), в котором изучается определенный фактор среды, наиболее часто производственный. В отобранных по специальным правилам зонах наблюдения детально изучается санитарно-гигиеническая ситуация, проводится лабораторное и инструментальное исследование интенсивности действия всех вредных факторов, дается их гигиеническая оценка.

Затем в зонах наблюдения изучают здоровье либо всего населения, которое там проживает, либо отдельных его групп (например, детей или лиц определенных профессий). Наиболее часто рекомендуется отбирать для исследования группы населения, более всего подверженные влиянию изучаемого фактора и наиболее чувствительные к нему.

Изучение здоровья населения в выбранных зонах в отобранных для исследования группах людей с помощью эпидемиологического метода, основными способами реализации которого являются санитарно-статистическое исследование, медицинское обследование, клиническое наблюдение, натурный эпидемиологический эксперимент.

Гигиенические исследования влияния факторов окружающей среды на здоровье населения в зависимости от их методологической направленности можно свести к четырем конкретным вариантам схем (схемы 5—8), которые построены на принципах доказательной медицины.

Вариант 1. Изучение влияния какого-либо известного фактора окружающей среды, например запыленности атмосферного воздуха, на один из показателей здоровья, например на заболеваемость населения ОРВИ. Рекомендуемая последовательность действий врача-гигиениста представлена на схеме 5. На начальном этапе исследования необходимо из разнообразных этиологических факторов окружающей среды отобрать какой-то один. Как правило, это выявленный по результатам лабораторных исследований СЭС, наиболее распространенный и наиболее выраженный вредный фактор на данной территории. После этого следует гигиеничное описание распространенности данного фактора: его уровней в окружающей среде, отношения к ПДК (ПДУ, ПДД), условию его

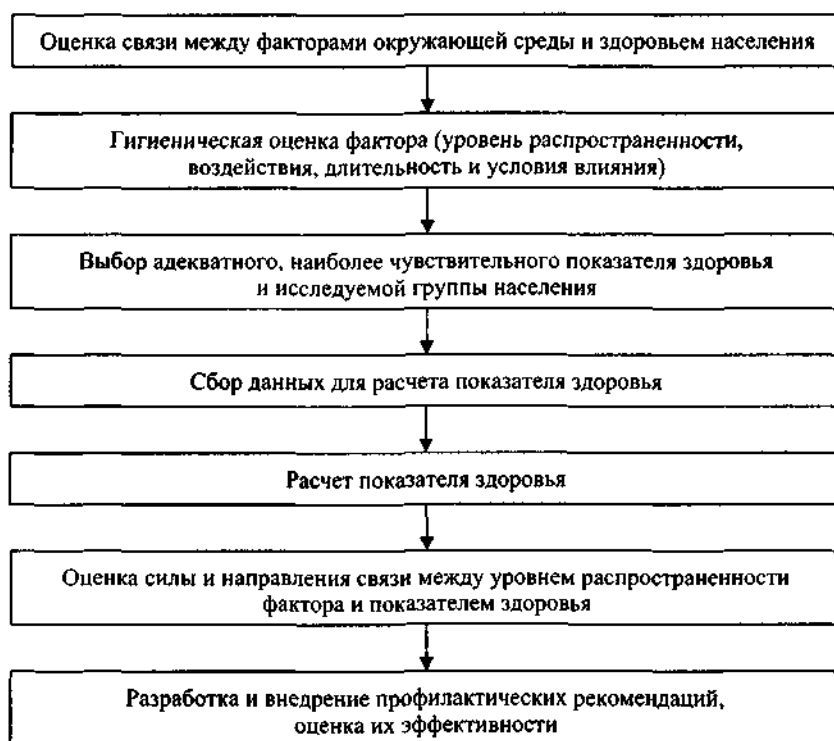


Схема 5. Гигиеническое исследование типа фактор — показатель здоровья (вариант 1)

влияния, длительности взаимодействия, характера влияния (постоянный, интермиттирующий и т. д.).

Следующий этап исследования представляет собой выбор наиболее чувствительного к влиянию данного фактора показателя здоровья и группы населения, в которой этот показатель будет определяться. При выборе показателя здоровья необходимо руководствоваться данными литературы о специфичности и неспецифичности воздействия исследуемого фактора на здоровье. Например, если изучается действие шума на рабочих промышленных предприятий, то показателем здоровья будет уровень снижения слуха среди них.

После сбора данных, необходимых для расчета выбранного показателя здоровья (обследование группы населения или сбор соответствующих учетно-отчетных документов), и определения его устанавливается наличие и направленность связи между интенсивностью влияния фактора и величиной данного критерия здоровья.

Вариант 2. Изучение влияния какого-то одного фактора окружающей среды на совокупность показателей здоровья или на обобщенный индекс, либо на каждый показатель здоровья отдельно (схема 6). Такую схему используют в том случае, когда исследуемый этиологический фактор окружающей среды (по данным литературы), влияет на несколько показателей здоровья или же



Схема 6. Гигиеническое исследование типа фактор — комплекс показателей здоровья (вариант 2)

когда наиболее чувствительные критерии здоровья неизвестны до исследования. Последовательность гигиенического поиска возможного влияния фактора на здоровье, представленная на схеме 6, отличается от схемы 5 тем, что исследуется не один, а несколько показателей здоровья, часто полученных различными способами (санитарно-статистическим, клинического наблюдения). В процессе такого исследования определяется чувствительность каждого отобранного показателя здоровья на влияние изучаемого этиологического фактора.

В последствии наиболее чувствительный показатель здоровья рекомендуется к применению в гигиенической практике как критерий для оценки влияния данного фактора. Может оказаться, что наиболее чувствительным к внешнему воздействию окажется не какой-то один отдельный показатель, а интегральный индекс здоровья. В этом случае данный индекс рекомендуется как критерий оценки действия фактора.

Описанные схемы предусматривают изучение влияния на здоровье людей лишь одного этиологического фактора окружающей среды. Однако на практике довольно часто до проведения исследования трудно выделить из множества

внешних влияний на организм человека какой-то один фактор. Нередко многие вредные факторы присутствуют в окружающей среде одновременно. Поэтому возникает необходимость выделить в процессе исследования лимитирующие факторы вредности для разработки конкретных профилактических мероприятий. Для этого используют следующую схему исследования.

Вариант 3. Изучение влияния комплекса факторов окружающей среды на один из показателей здоровья (схема 7). При исследованиях по этой схеме устанавливают относительную значимость каждого факториального признака. Основное внимание в этом случае уделяют изучению комплекса факторов окружающей среды. Необходимыми условиями для этого являются тщательное гигиеническое описание уровней воздействия всех отобранных для исследования этиологических факторов риска, их количественная оценка, определение путей воздействия на организм, длительность и условия влияния. Перед проведением исследования влияния этих факторов на отобранный показатель здоровья (например, пыли, оксидов серы и азота на заболеваемость детей ОРВИ) необходимо нормировать фактические концентрации вредных веществ по отношению к ПДК (ПДД) с учетом их класса опасности, исключая "выскакивающие" варианты.

В дальнейшем осуществляют сбор данных для расчета и собственно расчет отобранного показателя здоровья, проводят математическое моделирование влияния, чаще всего с использованием корреляционно-регрессионного

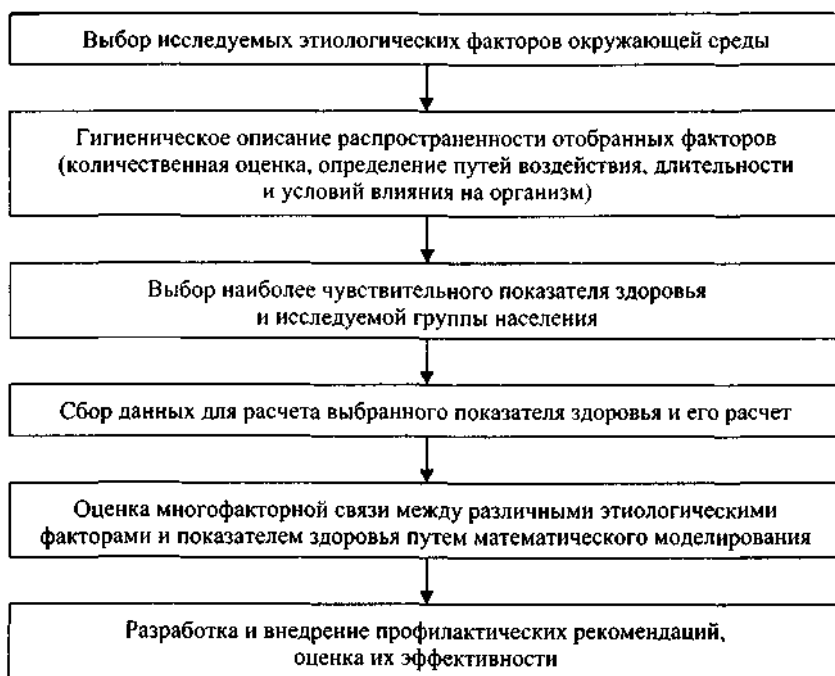


Схема 7. Гигиеническое исследование типа комплекс факторов — показатель здоровья (вариант 3)

анализа. На основании моделирования по определенной методике выделяют наиболее сильный по своему отрицательному воздействию на показатель здоровья населения этиологический фактор окружающей среды.

Наиболее сложным и перспективным гигиеническим эпидемиологическим исследованием является исследование, проводимое по варианту 4.

Вариант 4. Изучение влияния комплекса факторов окружающей среды на комплекс показателей здоровья населения (схема 8). Наряду с многими безусловными достоинствами (учет влияния всех ведущих факторов среды на основные показатели здоровья) эта схема имеет один существенный недостаток, заключающийся в значительной трудоемкости ее реализации. Для ее осуществления необходимо не только детально, как по схеме 5, исследовать комплекс этиологических факторов окружающей среды, но и провести углубленное изучение здоровья населения одновременно по многим показателям.

Применение этой схемы целесообразно при наличии специализированных компьютерных программ, и только в том случае, если в зоне наблюдения существуют различные вредные этиологические факторы окружающей среды, влияние которых на организм людей еще недостаточно хорошо изучено, имеются противоречивые мнения относительно наиболее чувствительных к данному воздействию показателей здоровья населения. В процессе реализации такого исследования решается целый ряд задач: выявляют наиболее сильные,



Схема 8. Гигиеническое исследование типа комплекс факторов — комплекс показателей здоровья населения (вариант 4)

отрицательно влияющие факторы, устанавливают перечень наиболее чувствительных показателей здоровья. Необходимое для этого математическое многофакторное моделирование осуществляют с использованием ЭВМ.

Все описанные типы методических подходов к гигиеническим исследованиям традиционны. В рассматриваемых выше случаях процесс изучения направлен от фактора к здоровью. В последнее время в популяционных гигиенических исследованиях начали применять и нетрадиционный, в том числе инверсионный подход, когда от оценки здоровья переходят к оценке факторов, его определяющих (схема 9). При этом четко прослеживается целевая направленность гигиенических исследований — обоснования достижимого "нормированного" уровня здоровья населения на основе влияния наиболее неблагоприятных факторов окружающей среды.

После выполнения всех вышеперечисленных этапов, согласно принципиальной схеме эпидемиологического исследования (см. схему 4), осуществляют сбор данных о здоровье населения, расчет различных показателей и индексов. Этот раздел исследования весьма трудоемкий, однако использование современной вычислительной техники позволяет существенно сократить время на определение различных показателей здоровья.

Полученный в процессе эпидемиологического исследования комплекс показателей здоровья для каждой исследуемой группы населения может оцениваться отдельно по каждому показателю или интегрироваться в один индекс здоровья населения. Сущность последнего как отмечалось выше, заключается в том, что многочисленные разрозненные показатели, характеризующие уровень здоровья населения, заменяются одним числом, с помощью которого можно ранжировать зоны наблюдения по выявленному уровню здоровья.

Если каждый из полученных показателей оценивается отдельно (или был получен только один показатель здоровья), то для его характеристики исполь-

Оценка уровня здоровья населения

Обоснование "нормированного" прогноза изменения
уровня здоровья населения

Установление приоритетного перечня факторов окружающей среды

Разработка и осуществление профилактических мероприятий

Оценка эффективности профилактических мероприятий —
уровня здоровья населения

Схема 9. Инверсионный подход к изучению влияния факторов окружающей среды на здоровье населения

Ориентировочная оценка уровня здоровья населения

1 Уровень	Заболеваемость по обращаемости (на 1000 человек населения)				Заболеваемость с временной утратой трудоспособности (на 100 работающих)		Инвалидизация 1000 человек (населения)	Детская (младенческая) смертность, ‰	Общая смертность, ‰
	Первичная		Общая		Случаи	Дни			
	Город	Село	Город	Село					
Очень низкий	700	400	1200	700	40	400	4	6	8
Низкий	900	500	1400	800	50	600	5	8	10
Средний	1100	600	1600	900	80	800	7	10	12
Высокий	1300	800	1800	1100	ПО	1100	9	15	14
Очень высокий	1500	1000	2000	1300	130	1300	11	20	16

ікуї ріоличилье. подходы, применяло^ млоо метод сраъневдад, л%бо спешійдъ-ную шкалу.

Наиболее часто показатель здоровья населения оценивают методом сравнения в процессе анализа динамики его величины за несколько лет для этой же группы населения или сопоставляют его величину на данной территории (например, в исследуемой зоне наблюдения) с величиной аналогичного показателя на другой территории (в контроле). Иногда применяют различные шкалы оценок. Все они имеют ориентировочный, приближенный характер, так как получены путем определения средних показателей на больших группах населения. Невзирая на это, их часто используют на практике, так как они позволяют сделать предварительные выводы об уровне конкретного показателя здоровья. Одна из таких шкал получивших наибольшее признание специалистов, приведена в табл. 148. Она включает итоговые оценки некоторых наиболее часто встречающихся показателей здоровья.

Одним из заключительных этапов эпидемиологического исследования здоровья населения является количественная оценка связи между выраженностью факторов окружающей среды и уровнем здоровья. Для этого обычно проводят математическое моделирование, т. е. по специальным методикам строят математические модели, отражающие зависимость уровня здоровья населения от исследуемых факторов. В процессе такого анализа устанавливают степень влияния каждого из изучаемых факторов на уровень здоровья населения.

Из всех критериев, позволяющих сделать вывод о степени влияния каждого фактора, наиболее часто используют один из критериев корреляционно-регрессионного анализа — коэффициент детерминации.

Этот критерий характеризует относительную роль влияния конкретного фактора среды на уровень здоровья населения, что позволяет ранжировать факторы по степени их вредности и разрабатывать программы профилактики с учетом приоритета их действия.

Эпидемиологическое изучение состояния здоровья населения позволяет разработать профилактические рекомендации и внедрить их в производство, впоследствии оценить эффективность их внедрения.

СОДЕРЖАНИЕ

	i
Предисловие (Е.И. Гончарук)	3
Введение (Е.И. Гончарук)	5
История коммунальной гигиены (Е.И. Гончарук, СИ. Гаркавий, А.П. Яворовский)	18

РАЗДЕЛ I

ГИГИЕНА ВОДЫ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

(Е.И. Гончарук, В.В. Гончарук, ВА. Прокопов, Г.Н. Красовский, ЮА. Рахманин, В.П. Широбоков, О.В. Салата, М.М. Коршун, И.Н. Филатова)	45
Гигиеническое значение воды	46
Научное обоснование гигиенических нормативов (стандартов) качества питьевой воды	68
Гигиеническое обоснование норм водопотребления в населенных пунктах	107
Гигиеническая характеристика источников водоснабжения	111
Гигиенические требования к централизованному хозяйственно-питьевому водоснабжению населенных мест	130
Гигиенические требования к устройству и эксплуатации головных сооружений водопровода из подземных источников водоснабжения	135
Гигиенические требования к устройству и эксплуатации водопровода из поверхностных источников водоснабжения. Методы улучшения качества воды	142
Гигиенические требования к децентрализованному водоснабжению населенных мест	195
Государственный санитарный надзор и лабораторный контроль в области водоснабжения населенных мест	203

РАЗДЕЛ II

САНИТАРНАЯ ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

(Е.И. Гончарук, СИ. Гаркавий, ВА. Прокопов, ВМ. Удод, Л А. Бондаренко)	211
История развития санитарной охраны поверхностных водоемов. Источники загрязнения. Мероприятия по санитарной охране водных объектов	211
Самоочищение поверхностных водоемов	223

Гигиенические требования к качеству воды поверхностных водоемов и оценка условий сброса в них сточных вод	226
Очистка сточных вод	239
Государственный санитарный надзор за санитарной охраной водоемов и очисткой сточных вод	341

РАЗДЕЛ III

САНИТАРНАЯ ОХРАНА ПОЧВЫ И ОЧИСТКА НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

<i>(Е.И. Гончарук, Н.В. Русаков).</i>	352
История развития санитарной охраны почвы. Показатели, характеризующие основные свойства почвы, их гигиеническое значение.	352
Состав почвы.	364
Гигиеническое значение почвы.	369
Источники загрязнения почвы, их гигиеническая характеристика.	382
Показатели санитарного состояния почвы и их гигиеническое значение . . .	396
Мероприятия по санитарной охране почвы.	404
Государственный санитарный надзор в области санитарной охраны почвы и очистки населенных мест.	440

РАЗДЕЛ IV

САНИТАРНАЯ ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

<i>(Н.Т. Музычук, В.Е. Присяжнюк, К.А. Буштуева, М.А. Пинигин, И.Л. Куринной).</i>	447
Гигиеническое значение атмосферного воздуха	447
Закономерности распространения в атмосферном воздухе загрязняющих веществ	470
Влияние качества атмосферного воздуха на здоровье населения.	494
Мероприятия по охране атмосферного воздуха	507
Государственный санитарный надзор в области охраны атмосферного воздуха	532

РАЗДЕЛ V

ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

<i>(В.Г. Бардов, А.П. Яворовский, Ю.Д. Думанский, М.Г. Шандала, А.М. Сердюк, Г.И. Румянцев, И.Н. Мотузков).</i>	536
Гигиеническая оценка шума.	538
Гигиеническая оценка вибрации в окружающей среде.	«А»*В»*ДЕ1
Гигиеническая оценка электромагнитных излучений в окружающей среде	573

РАЗДЕЛ VI

ГИГИЕНА ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

(И.И. Ткаченко, ВЛ. Акименко, ЮД. Губернский). 587

Социально-гигиеническое значение жилища	587
Гигиенические требования к внешним факторам, влияющим на условия проживания населения.	596
Особенности требований к внутренней планировке и оборудованию различного типа жилых зданий.	604
Гигиенические основы нормирования факторов внутренней среды места проживания.	613
Способы обеспечения нормативных требований к условиям среды закрытых помещений.	630
Особенности планировки, благоустройства и оборудования лечебно-профилактических учреждений.	652
Особенности планировки, благоустройства и оборудования учреждений обслуживания населения.	698
Государственный санитарный надзор за строительством и эксплуатацией жилых и общественных зданий.	712

РАЗДЕЛ VII

ГИГИЕНА ПЛАНИРОВКИ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

*(ЭА. Деркачев, СЛ. Гаркавый, ИЛ. Ткаченко,
ЛЭ. Огир, Н.П. Донец, АА. Шевченко).* 721

Гигиеническое значение планировки, застройки и благоустройства населенных мест.	721
Общие основы и гигиенические принципы планировки населенных мест. Районная планировка и ее гигиеническое значение.	722
Гигиенические требования к выбору территории для размещения населенных мест. Значение природно-климатических условий и состояния окружающей среды.	730
Гигиенические принципы и требования к планировке и функциональному зонированию территории городов и поселков.	738
Гигиенические требования к санитарному благоустройству и инженерному оборудованию населенных мест различного типа.	756
Государственный санитарный надзор за планировкой, застройкой и благоустройством населенных мест.	763

РАЗДЕЛ VIII

ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ КАК ИНТЕГРАЛЬНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

(ЕЛ. Гончарук, ЮЛ. Вороненко, ГЛ. Румянцев). 768

Определение понятия и критериев здоровья.	769
Методические принципы изучения состояния здоровья населения.	775

К63 Комунальна гігієна / Є.Г. Гончарук, В.Г. Бар-
дов, СІ. Гаркавий, О.П. Яворовський та ін.; За ред.
Є.Г. Гончарука.— К.: Здоров'я, 2006.— 792 с
ISBN 5-311-01391-5

У підручнику висвітлено класичні положення гігієнічної науки з урахуванням найновіших наукових світових досягнень, які стосуються впливу на організм людини природних та антропогенних (фізичних, хімічних, біологічних, психофізіологічних) чинників навколишнього середовища та соціально-економічних умов. З'ясовано принципи гігієнічного нормування шкідливих і небезпечних чинників у складових біосфери — атмосфері, гідросфері, літосфері — з урахуванням ізольованої, комбінованої, комплексної і поєднаної дії та можливих віддалених наслідків, зокрема канцерогенного, мутагенного, ембріо-, гонадо- та нейротоксичного тощо. Наведено державні законодавчі й нормативно-методичні документи з питань охорони навколишнього середовища, забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення тощо.

К 4105020000
209 - 2006

ББК51.21я73

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Гончарук Євген Гнатович
Бардов Василь Гаврилович
Гаркавий Сергій Іванович
Яворовський Олександр Петрович
та ін.

КОМУНАЛЬНА ГІГІЄНА

За редакцією доктора медичних наук,
професора, академіка НАН, АМН, АПН України,
РАМН *Є.Г. Гончарука*

Київ "Здоров'я"
(Російською мовою)

Редактори *Л.І. Горобець, І.М. Грубріна, ЄЛ. Котляр*
Художник-оформлювач *В.С. Жиборовський*
Технічні редактори *Т.С. Березяк, Ж.М. Головка*
Коректори *О.П. Ломачинська, І. А. Муравік*
Художник-дизайнер *И.О. Яцун*
Комп'ютерна верстка *В.Ю. Романенко*

Підп. до друку 14.10.2005. Формат 70 x 100 Хє-
Папір офсет. Гарн. Тайме. Друк офсет.
Ум. друк. арк. 64,35. Обл.-вид. арк. 57,5.
Тираж 1000 прим. Зам. № 6029.

Видавництво "Здоров'я", 01054, м. Київ-54,
вул. Воровського, 32Б.

Свідоцтво видавництва "Здоров'я"
№ 02473139 від 02.11.95 р.

Свідоцтво ДК № 700 від 30.11.2001 р.

Віддруковано з готових позитивів
на ДП "Державна картографічна фабрика"
Україна, 21100, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 19.
Свідоцтво серія ДК 869 від 26. 03. 2002 р.

что УФ-часть солнечного спектра повышает иммунитет, положительно влияет на реактивность организма, улучшает санитарное состояние жилища.

Опыт эксплуатации высотных зданий в зарубежных странах свидетельствует, что их жильцы чаще болеют, дети, проживающие в квартирах верхних этажей, медленнее физически развиваются. Проживающие часто жалуются на ощущение страха высоты, нарушение теплового режима, воздухообмена и звукоизоляции. Скопление жителей и большая плотность заселения нежелательны с эпидемиологической точки зрения. Кроме того, такие здания являются источником выбросов многих токсических веществ, в частности диметиламина, метилсульфида, диэтилсульфида, азота оксидов и сероводорода, аммиака, углерода оксида, фенола и т. п., поступающих в окружающую среду из вентиляционных шахт и мусоропроводов.

По сообщению французского инженера-строителя и архитектора Роберта Леру (1970), а также по данным ВОЗ, нерациональная внутренняя планировка квартир, ориентация окон, мрачный интерьер могут вызвать психические заболевания и их обострение.

"Жилище, окна и двери которого не защищают от посторонних взглядов, обуславливает появление чувства раздражения, негодования, отчаяния как следствие вторжения без предупреждения других лиц, внезапных перерывов в деятельности и общих помех" (WHO Expert Committee on the Public Health aspects of Honking, 1961).

В последнее время в научной литературе появился термин "синдром больных домов", когда жителей беспокоит головная боль, насморк, першение в горле, бессонница. Они быстро утомляются, чувствуют общую слабость, жалуются на плохое самочувствие, склонность к поражению верхних дыхательных путей, раздражение слизистых оболочек. Эти симптомы исчезают, когда человек выходит из квартиры. Ученые считают, что причину этого необходимо искать в жилом помещении. Никто не может объяснить, почему это происходит. Некоторые ученые предполагают, что эти дома расположены на оси электромагнитных волн.

Для предупреждения развития "жилищных" заболеваний, уменьшения обострения хронической патологии жилище, с гигиенической и социальной точки зрения, должно:

1. Защищать людей, тем самым охранять их здоровье от неблагоприятных метеорологических факторов (холод, жара, ветер или опасная для здоровья скорость движения воздуха, атмосферные осадки, повышенная влажность и др.). Жилище должно иметь оптимальный микроклимат, не зависящий от окружающей среды. Быть сухим. Этим можно предупредить возникновение или обострение таких заболеваний, как ревматизм, ангина, пневмония, простуда, обострение сердечно-сосудистой патологии.

2. Иметь надлежащий набор помещений, достаточных по площади и объему. Жилая площадь на 1 человека должна составлять, из расчета допустимой концентрации CO_2 в жилом помещении, не менее 9 м^2 (по методике расчета Петтенкофера). По данным Ю.Д. Губернского и Е.И. Корневской (1977) и результа-

тов социальных исследований, оптимальной следует считать жилую площадь 17,5 м² на 1 человека.

Кроме того, гигиенически обоснованы такие требования: каждой семье отдельную квартиру, каждому ее члену — отдельную комнату. В перспективе количество комнат в квартире должно быть равно: $N = n + I$, где « n » — количество членов семьи + общая комната (столовая или гостиная) для общего пребывания членов семьи и гостей. Площадь общей комнаты должна зависеть от количества членов семьи и набора обстановки, отвечать требованиям времени.

В настоящее время в Украине почти 62% городских семей имеют отдельное жилище. Принят такой норматив: 21,5 м² общей площади квартиры на каждого члена семьи + 10 м² на всю семью. Этот норматив используют при расчете оплаты за квартиру.

Площади отдельных комнат зависят от их назначения (кабинет, комната отдыха для взрослых, детская комната, кухня и др.) и типа квартиры с учетом природно-климатических условий. В квартире или индивидуальном доме должно быть достаточно места, чтобы дети могли свободно передвигаться, бегать, что физиологически необходимо для физического и психического их развития. Особенно важно соблюдать это требование в холодных регионах, где вследствие сурового климата прогулки и игры детей на открытом воздухе резко ограничены.

Только в этом случае можно избежать тех осложнений и недугов, которые возникают в перенаселенных квартирах.

3. Хорошо вентилироваться. Так, исследованиями Ю.Д. Губернского и Е.И. Кореньской (1977) был обоснован оптимальный объем вентиляции жилых помещений (с учетом антропоксинов) на уровне 170—210 м³/ч на 1 человека. Обеспечение такого уровня воздухообмена при наличии механической вентиляции или системы кондиционирования гарантирует удаление из помещений продуктов деструкции полимерных материалов отделки и мебели (фенол, формальдегид, аммиак и др.), которые накапливаются при недостаточной их вентиляции. Минимально допустимый воздухообмен должен составлять 60—80 м³/ч на 1 человека. Он может быть обеспечен не только при наличии централизованной приточно-вытяжной вентиляции, но и посредством увеличения площади квартиры из расчета 17,5 м² на 1 человека.

При надлежащей вентиляции жилища резко снижается заболеваемость инфекционными болезнями, ОРВИ, ангиной, бронхитом, пневмонией, аллергией, хроническим карботоксикозом, уменьшается количество случаев хронического отравления химическими веществами, выделяемыми из полимерных и синтетических материалов, а также химическими веществами, образующимися в жилище в результате бытовой деятельности человека.

4. Хорошо инсолироваться. Это способствует профилактике рахита у детей, имеет немаловажное значение для санации воздушной среды жилища.

5. Быть тихим, без шума и вибрации. Эквивалентный уровень звука не должен превышать 30 дБА в период 23.00—7.00 и 40 дБА — с 7.00 до 23.00 (в комнатах жилых домов, домов отдыха, домов-интернатов для лиц пожилого возраста и инвалидов, спальных помещениях детских дошкольных учреждений и