

1. Коммунальная гигиена как наука. Задачи основных разделов коммунальной гигиены.

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

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 укрепления здоровья населения и создания наиболее благоприятных санитарных условий проживания.

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 ПДКМ р и среднесуточные концентрации — ПДКСС). 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.

2. Физиологическое и гигиеническое значение воды. Влияние химического состава воды на здоровье населения.

Вода — на первый взгляд простейшее химическое соединение двух атомов водорода и одного атома кислорода — является, без всякого преувеличения, основой жизни на Земле.

Человечество потребляет на свои нужды огромное количество пресной воды. Основными ее потребителями являются промышленность и сельское хозяйство. Наиболее водоемкие отрасли промышленности — горнодобывающая, сталелитейная, химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная и пищевая. На них уходит до 70% всей воды, затрачиваемой в промышленности. Главный же потребитель пресной воды — сельское хозяйство: на его нужды уходит 60-80% всей пресной воды. В современных условиях сильно увеличиваются потребности человека в воде на коммунально-бытовые нужды.

ВОЗ под безопасной понимает воду, которая «...не представляет никакого значимого риска для здоровья человека при применении в течение всей его жизни, включая различную чувствительность, которая может встречаться на различных этапах жизни».

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.

Гигиеническое значение воды.

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

Питьевая вода — это не только 2—3 стакана, которые человек выпивает за день в спокойной будничной обстановке. Для приготовления пищи необходимо 2—3 л/сут на 1 человека. При работе в так называемых горячих цехах, в жарком климате суточная норма питьевой воды увеличивается до 10-11 л. Вместе с тем опасность контакта с патогенными микроорганизмами и химическими примесями в условиях нарушенного водно-солевого баланса организма многократно возрастает.

В организм человека вода поступает не только при питье, воду заглатывают под душем, при умывании, чистке зубов и т.д. Достаточно большое количество воды питьевого качества требуется для уборки жилища, стирки белья и чистки одежды.

Доброкачественная (питьевая) вода в городском водопроводе обеспечивает санитарное благополучие пищевой промышленности, в которой питьевая вода расходуется не только в основных технологических процессах, но и при ряде вспомогательных операций. Расход питьевой воды при производстве молочных продуктов составляет тонну на тонну сырого молока; на производство 1 банки овощных консервов расходуют до 40 л воды. Питьевая вода — это основная часть различных напитков.

Санитарное состояние лечебно-профилактических учреждений также зависит от количества потребляемой воды. Для обеспечения должного санитарного режима в больнице необходимо не менее 250 л питьевой воды на 1 койку, на 1 посещение в поликлинике - не менее 15-20 л. Централизованное водоснабжение лечебно-профилактических учреждений является важным условием предупреждения внутрибольничных инфекций.

Воду используют для проведения оздоровительных и физкультурных мероприятий (плавательные бассейны), а также в гидротерапии.

Большие объемы воды в городах потребляет коммунальное хозяйство. В бане на 1 моещегося расходуется не менее 120-150 л воды, в прачечной на 1 кг белья необходимо 40 л воды. Важна роль воды в поддержании чистоты улиц, территории промышленных предприятий. Много воды нужно для поливки зеленых насаждений.

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.

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.

Физиологическая норма потребления воды может колебаться в зависимости от интенсивности обмена веществ, характера пищи, содержания в ней солей, мышечной работы, метеорологических и других условий. С увеличением энергозатрат во время физических нагрузок повышается и потребность человека в воде.

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 ежедневно в среднем выводится 2,7 л воды (с колебаниями от 2,5 до 3,0 л).

Изложенное выше убедительно свидетельствует о том, что вода является одним из самых ценных даров природы.

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.

Состав природной воды.

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. Кроме того, вода имеет сложное кристаллическое строение, то есть является структурированной.

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, талий и т. п.). Доказано биологическое значение для животных и растений около 20 микроэлементов.

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.

3. Вода, как фактор распространения заболеваний неинфекционной этиологии.

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.

Отмечено, 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. 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.

Болезнь	Причина	Клиническая картина
Эндемический флюороз	Содержание фтора в воде — более 1,5 мг/л	Флюороз зубов, проявляется возникновением на зубах фарфороподобных пятен (I стадия),

		пигментацией пятен (II стадия), эрозиями эмали, поражением дентина, раз 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	Деструкция зубной эмали и дентина (стадии пигментированного пятна и кариозной полости)
Водно-нитратная метгемо-глобинемия	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
Эндемический зоб	Недостаток йода. Суточная потребность человека — 0,1—0,2 мг (не менее 0,05 мг и не более 0,5 мг)	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.

4.Значение воды и условий водоснабжения населения в распространении инфекционных заболеваний.

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.

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 (на рушения 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).

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. 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. Также, 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.

5. Гигиенические требования, предъявляемые к качеству питьевой воды. Основные положения СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

В основу СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» положены следующие принципы.

Принцип гигиенических критериев качества питьевой воды определяет, что питьевая вода должна быть безопасна в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Пределы безопасности и безвредности состава питьевой воды устанавливаются на основании медицинских, гигиенических исследований. Нормативы состава питьевой воды учитывают не те ингредиенты, которые должны в ней присутствовать, а, наоборот, вещества, присутствие которых в воде нежелательно и допустимо лишь в определенных пределах.

Невозможность создания единого эталона состава питьевой воды обусловлена отсутствием единой модели питьевой воды. Ее химический, бактериальный состав и свойства зависят и от геохимических особенностей источника водоснабжения, и от времени года, и даже от погодных условий.

Приоритетность микробиологических критериев безопасности перед химическими обусловлена тем, что химическое загрязнение питьевой воды может вызвать нарушение здоровья человека, но популяционный риск химического загрязнения во много раз меньше, чем микробиологического.

Регламентация органолептических свойств питьевой воды имеет целью обеспечение нормальных физиологических функций, а также эпидемической безопасности водоснабжения населения, а не только соблюдение определенных потребительских свойств воды.

Более 80% населения страны снабжаются водой из централизованных систем водоснабжения.

Под централизованной системой питьевого водоснабжения понимается комплекс устройств и сооружений для забора, обработки (или без нее), хранения и подачи воды к местам расходования и открытый для общего пользования гражданам и (или) юридическим лицам.

Требования СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» применяются в отношении воды, подаваемой централизованными системами 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 продажи, а также для производства продукции, требующей применения воды питьевого качества.

Нормативная часть документа начинается с показателей эпидемической безопасности питьевой воды. Нормирование основывается на санитарно-показательных микроорганизмах (группа кишечной палочки). Это обширное семейство Enterobacteriaceae, включающее 4 рода: Citrobakter, Enterobakter, Klebsiella и Escherichia. Санитарно-показательное значение их присутствия в воде неодинаково. Все представители первых 3 родов широко распространены во внешней среде, не загрязненной фекалиями человека или

теплокровных животных, и поэтому не могут играть санитарно-показательную роль. Часть эшерихий, поступаая во внешнюю среду, теряет некоторые второстепенные диагностические признаки, и их присутствие не всегда говорит о свежем фекальном загрязнении.

В СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (табл. 1) в качестве основного теста выбрано определение термотолерантных кишечных палочек, наиболее близких по многим признакам к истинной кишечной палочке - *Escherichia coli*.

Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется отсутствием в ней болезнетворных бактерий, вирусов и простейших микроорганизмов, ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям.

Наименование показателя	Единица измерения	Норматив
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см ³	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см ³	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 см ³	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 см ³	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 см ³	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 дм ³	Отсутствие

Термотолерантные кишечные палочки, кроме роста на среде Эндо и ферментации лактозы, способны переносить температуру инкубации 43-44 °С. Присутствие в воде термотолерантных кишечных палочек является верным признаком свежего фекального загрязнения и, следовательно, эпидемической опасности воды. Наряду с термотолерантной кишечной палочкой включено и определение общих кишечных палочек (*Escherichia coli* общие колиформы), также ферментирующих лактозу, но при температуре 37 °С.

Общие колиформы могут находиться в воде, содержащей большое количество органических веществ антропогенного происхождения. Среди этого органического загрязнения весьма вероятно присутствие клебсиелл, кишечных вирусов, яиц гельминтов, цист и ооцист простейших. Есть данные, что общие колиформы могут размножаться на дефектных стенках резервуаров чистой воды, труб распределительной сети при нарушении режимов их эксплуатации, в сальниках центробежных насосов. Такая вода, не имеющая свежего фекального загрязнения, тем не менее не может считаться эпидемически безопасной. Особенно важен тест на общие колиформы для оценки безопасности воды после хлорирования, когда свежее фекальное загрязнение исключено.

В распределительной сети крупных централизованных систем питьевого водоснабжения (не менее 100 исследуемых проб за год) допускается 5% нестандартных проб по общим колиформам, но не в двух пробах, последовательно отобранных в одной точке .

Третий показатель эпидемической безопасности воды - общее микробное число (ОМЧ). Этот показатель используется для контроля эффективности обработки воды на очистных сооружениях водопровода и должен рассматриваться в динамике. Резкое отклонение от постоянно определяемых на конкретном водопроводе уровней ОМЧ даже в пределах нормативного значения служит сигналом нарушений в технологии водоподготовки. Рост ОМЧ в воде распределительной сети может свидетельствовать о неблагоприятном санитарном состоянии сети, способствующем размножению микроорганизмов вследствие накопления органических веществ, или о ее негерметичности.

В качестве санитарного показателя вирусного загрязнения питьевой воды были предложены колифаги - вирусы *Escherichia coli*, кишечной палочки, постоянно присутствующие в местах обитания кишечной палочки во внешней среде. Колифаги по биологическому происхождению, размерам, строению,

свойствам, механизму репликации наиболее близки к кишечным вирусам, но более устойчивы к факторам окружающей среды, чем патогенные для человека вирусы. Колифаг введен в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» как санитарный показатель вирусного загрязнения.

Споры сульфитредуцирующих клостридий существуют в воде дольше, чем другие санитарно-показательные микроорганизмы, и высокоустойчивы к обеззараживающим агентам. Клостридии служат косвенным показателем освобождения воды в процессе ее очистки (фильтрации) от устойчивых к обеззараживанию кишечных вирусов и паразитарных простейших. Споры сульфитредуцирующих клостридий определяют в воде резервуаров чистой воды для оценки эффективности обработки воды. Определение сульфитредуцирующих клостридий в воде распределительных сетей водопровода нецелесообразно.

Для контроля питьевой воды, подготовленной из воды поверхностного источника, введен показатель безопасности воды в паразитарном отношении - цисты лямблий.

Показатели безопасности химического состава питьевой воды даны в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» в табл. 2 и 3 и Приложении 2. В табл. 2 СанПиН выделены химические вещества, вероятность присутствия которых в питьевой воде водопроводов страны наибольшая. Это природные ингредиенты, наиболее характерные для вод Республики Беларусь (алюминий, барий, бериллий, бор, железо, марганец, медь, молибден, мышьяк, нитраты, свинец, селен, стронций, цинк, сульфаты, фториды и хлориды), а также наиболее опасные антропогенные загрязнения (кадмий, ртуть, никель, хром, цианиды, а также органические соединения — линдан, ДДТ и 2,4Д). В табл. 2 сведены и так называемые обобщенные показатели химического состава воды (рН, общая минерализация, жесткость, перманганатная окисляемость, содержание нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ - ПАВ и фенольный индекс). С одной стороны, это гигиенический норматив, с другой - это показатели стабильности состава исходной воды (у каждого источника есть свой диапазон колебаний этих показателей) и работы очистных сооружений. Важны не только абсолютные значения, но и их изменение во времени. При изменении обычного уровня колебаний обобщенных показателей нужно искать причины и принимать меры к стабилизации.

В Приложении 2 к СанПиН даны показатели безопасности химического состава воды для веществ, присутствие которых обусловлено антропогенным загрязнением источника водоснабжения. Этот список включает нормативы более чем для 1000 ингредиентов воды. На стадии расширенных исследований по методике, изложенной в Приложении 1 к СанПиН, выбирают показатели, характерные для конкретного водопровода. В дальнейшем актуальные для конкретного водопровода ингредиенты включаются в рабочую программу и подлежат систематическому контролю.

В табл. 3 СанПиН приведены нормативы остаточных количеств наиболее часто применяемых в водоподготовке реагентов и продуктов их трансформации.

Радиационная безопасность воды оценивается по суммарной альфа- и бета-активности (табл. 5 СанПиН). Идентификация присутствующих в воде радионуклидов и измерение их индивидуальных концентраций проводится при превышении нормативов общей активности. Оценка обнаруженных концентраций проводится в соответствии с НРБ.

Органолептические свойства питьевой воды контролируются в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» показателями «запах» и «привкус» - не более 2 баллов (потребителем воды не ощущается). Цветность, под которой понимают окрашенность воды природными гуминовыми соединениями, нормируется на уровне 20 градусов (условных единиц имитационной платиново-кобальтовой шкалы). Такая цветность не воспринимается потребителем воды при толщине слоя воды 20 см (обычный слой воды в кастрюле, графине и т.п.).

Наименование показателя	Единица измерения	Норматив, не более
Запах	баллы	2
Привкус	баллы	2

Цветность	Градусы	20(35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формази́ну) или мг/л (по коалину)	2,6 (3,5) 1,5 (2)

Особенно ответственным является показатель мутности, отражающий содержание тонкодисперсных взвешенных веществ и снижающий прозрачность воды. На глинистых частицах, обуславливающих мутность воды сорбирована основная масса вирусов. Снижение мутности фильтрованной воды способствует ее обеззараживанию. Таким образом, показатель мутности воды является не только одним из показателей органолептических свойств, но и косвенным показателем эпидемической безопасности воды.

6. Микробиологические и санитарно-химические показатели эпидемической безопасности питьевой воды. Гигиеническая оценка качества воды по микробиологическим показателям.

7. Показатели, характеризующие органолептические свойства питьевой воды, гигиеническая оценка.

Органолептические свойства питьевой воды контролируются в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» показателями «запах» и «привкус» - не более 2 баллов (потребителем воды не ощущается). Цветность, под которой понимают окрашенность воды природными гуминовыми соединениями, нормируется на уровне 20 градусов (условных единиц имитационной платиново-кобальтовой шкалы). Такая цветность не воспринимается потребителем воды при толщине слоя воды 20 см (обычный слой воды в кастрюле, графине и т.п.).

Наименование показателя	Единица измерения	Норматив, не более
Запах	баллы	2
Привкус	баллы	2
Цветность	Градусы	20(35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формази́ну) или мг/л (по коалину)	2,6 (3,5) 1,5 (2)

Особенно ответственным является показатель мутности, отражающий содержание тонкодисперсных взвешенных веществ и снижающий прозрачность воды. На глинистых частицах, обуславливающих мутность воды сорбирована основная масса вирусов. Снижение мутности фильтрованной воды способствует ее обеззараживанию. Таким образом, показатель мутности воды является не только одним из показателей органолептических свойств, но и косвенным показателем эпидемической безопасности воды.

8. Показатели, характеризующие безопасность и безвредность химического состава и органолептические свойства питьевой воды.

Показатели безопасности химического состава питьевой воды даны в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» в табл. 2 и 3 и Приложении 2. В табл. 2 СанПиН выделены химические вещества, вероятность присутствия которых в питьевой воде водопроводов страны наибольшая. Это природные ингредиенты, наиболее характерные для вод Республики Беларусь (алюминий, барий, бериллий, бор, железо, марганец, медь, молибден, мышьяк, нитраты, свинец, селен, стронций, цинк, сульфаты, фториды и хлориды), а также наиболее опасные антропогенные загрязнения (кадмий, ртуть, никель, хром, цианиды, а также органические соединения — линдан, ДДТ и 2,4Д). В табл. 2 сведены и так называемые обобщенные показатели химического состава воды (рН, общая минерализация, жесткость, перманганатная окисляемость, содержание нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ - ПАВ и фенольный индекс). С одной стороны, это гигиенический норматив, с другой - это показатели

стабильности состава исходной воды (у каждого источника есть свой диапазон колебаний этих показателей) и работы очистных сооружений. Важны не только абсолютные значения, но и их изменение во времени. При изменении обычного уровня колебаний обобщенных показателей нужно искать причины и принимать меры к стабилизации.

В Приложении 2 к СанПиН даны показатели безопасности химического состава воды для веществ, присутствие которых обусловлено антропогенным загрязнением источника водоснабжения. Этот список включает нормативы более чем для 1000 ингредиентов воды. На стадии расширенных исследований по методике, изложенной в Приложении 1 к СанПиН, выбирают показатели, характерные для конкретного водопровода. В дальнейшем актуальные для конкретного водопровода ингредиенты включаются в рабочую программу и подлежат систематическому контролю.

В табл. 3 СанПиН приведены нормативы остаточных количеств наиболее часто применяемых в водоподготовке реагентов и продуктов их трансформации.

Радиационная безопасность воды оценивается по суммарной альфа- и бета-активности (табл. 5 СанПиН). Идентификация присутствующих в воде радионуклидов и измерение их индивидуальных концентраций проводится при превышении нормативов общей активности. Оценка обнаруженных концентраций проводится в соответствии с НРБ.

Органолептические свойства питьевой воды контролируются в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

Контроль качества показателями «запах» и «привкус» - не более 2 баллов (потребителем воды не ощущается). Цветность, под которой понимают окрашенность воды природными гуминовыми соединениями, нормируется на уровне 20 градусов (условных единиц имитационной платиново-кобальтовой шкалы). Такая цветность не воспринимается потребителем воды при толщине слоя воды 20 см (обычный слой воды в кастрюле, графине и т.п.).

Наименование показателя	Единица измерения	Норматив, не более
Запах	баллы	2
Привкус	баллы	2
Цветность	Градусы	20(35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по коалину)	2,6 (3,5) 1,5 (2)

Особенно ответственным является показатель мутности, отражающий содержание тонкодисперсных взвешенных веществ и снижающий прозрачность воды. На глинистых частицах, обуславливающих мутность воды сорбирована основная масса вирусов. Снижение мутности фильтрованной воды способствует ее обеззараживанию. Таким образом, показатель мутности воды является не только одним из показателей органолептических свойств, но и косвенным показателем эпидемической безопасности воды.

9. Выбор источника водоснабжения. Основные положения СТБ 1756 - 2007 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения».

Выбор источника является принципиально важной задачей гигиены воды и водоснабжения населенных мест. Гигиенически обоснованный выбор источника является 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 СТБ 1756-2007 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения».

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 санитарную 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 определяет, отвечает ли вода в источнике гигиеническим требованиям, изложенным в СТБ 1756-2007 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения»,

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 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.

10. Гигиеническая характеристика подземных источников водоснабжения.

В зависимости от условий формирования выделяют три типа подземных вод: верховодку, грунтовые и межпластовые (напорные и безнапорные).

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, трещиноватые 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. 2). 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.

РАЗДЕЛ I. ГИГИЕНА ВОДЫ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

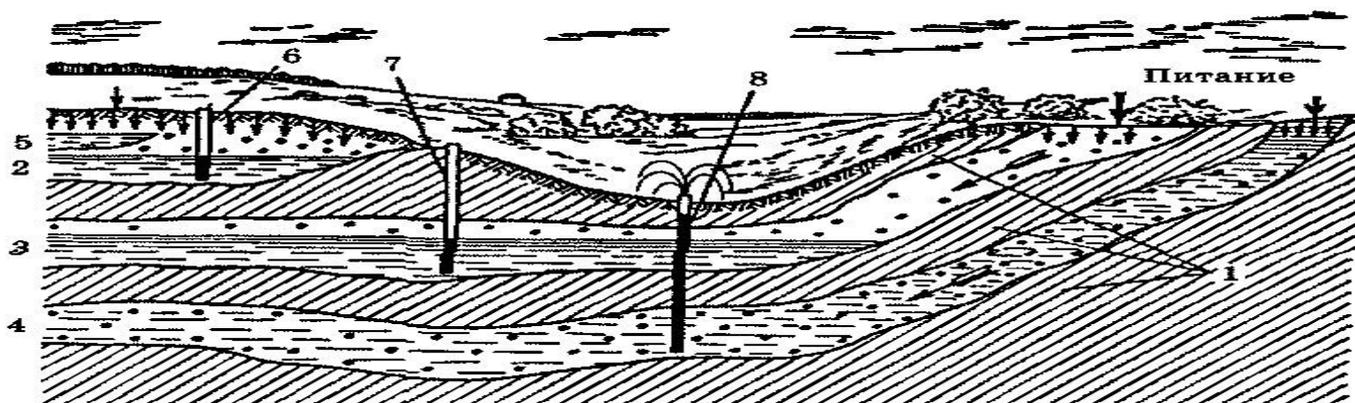


Рис. 3. Залегание подземных вод (схема):

1 — водонепроницаемые слои; 2 — горизонт грунтовых вод; 3 — горизонт межпластовых безнапорных вод; 4 — горизонт межпластовых напорных вод; 5 — верховодка; 6 — колодец, питающийся грунтовой водой; 7 — скважина, питающаяся межпластовой безнапорной 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. 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 мелкозернистая, 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 (нецентрализованного) водоснабжения. Воду забирают с помощью колодцев различной конструкции (шахтных, трубчатых и др.). 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.

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 подрусловыми. Подрусловые 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 надежнее 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 безнапорными. 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 артезианской, а уровень, на который она поднимается в скважине самотеком, называется статическим. Безнапорные 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 ($\text{pH} > 7$) благодаря наличию гидрокарбонатов щелочных и щелочно-земельных металлов. Иногда могут содержать много железа (II) в виде гидрокарбонатов, марганца (II) в виде сульфатов, сероводорода.

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.

Родниковая вода — это подземные воды, самостоятельно выходящие на поверхность. 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.

11. Гигиеническая характеристика поверхностных водоемов; степень их санитарной надежности.

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, вымываемых 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. Химический состав воды поверхностных водоемов разнообразен. 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 воды 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, 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, снижается 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 может 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.

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.).

12. Организация государственного санитарного и производственного лабораторного контроля за качеством питьевой воды.?????

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 7 января 2012 года «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и Законом Республики Беларусь от 24 июня 1999 года «О питьевом водоснабжении» за качеством питьевой воды должен осуществляться:

- 1) производственный контроль,
- 2) государственный санитарный надзор,
- 3) ведомственный контроль.

Требования к осуществлению контроля качества питьевой воды (в том числе, к местам отбора проб воды, видам определяемых показателей, периодичности проведения исследования качества воды) установлены Санитарными правилами и нормами СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» (далее по тексту – СанПиН 10-124 РБ 99).

Контроль качества осуществляется лабораториями, аккредитованными в установленном порядке на право выполнения соответствующих исследований.

Для проведения лабораторных исследований (измерений) качества питьевой воды допускается использовать метрологически аттестованные методики, а также методики, утвержденные и допущенные к применению в установленном в Республики Беларусь порядке.

Отбор проб воды для анализа проводят в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Государственный санитарный надзор за качеством питьевой воды осуществляют территориальные центры гигиены и эпидемиологии (Минский городской, городские, районные, зональные и районные в городах), областные центры гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, государственное учреждение «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», а также государственное учреждение «Центр гигиены и эпидемиологии» Управления делами Президента Республики Беларусь за проверяемыми субъектами, подчиненными либо входящими в систему Управления делами Президента Республики Беларусь.

Ведомственный контроль в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения осуществляют учреждения, организации и подразделения, уполномоченные на осуществление данной функции (например, в пределах компетенции и в определенных актами законодательства случаях Министерством обороны Республики Беларусь, Министерством внутренних дел Республики Беларусь, Комитетом государственной безопасности Республики Беларусь, Государственным пограничным комитетом Республики Беларусь за соответствием требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения деятельности, осуществляемой подчиненными или входящими в их состав (систему) организациями, в том числе их обособленными подразделениями).

Организация и проведение государственного санитарного надзора и ведомственного контроля осуществляется в соответствии действующим законодательством в плановом порядке и по санитарно-эпидемиологическим показаниям.

Требования к организации и осуществлению производственного контроля качества питьевой воды

Производственный контроль качества питьевой воды обеспечивается организацией, осуществляющей эксплуатацию системы водоснабжения, по рабочей программе, согласованной с территориальными органами государственного санитарного надзора.

Производственный контроль качества питьевой воды осуществляется лабораториями организаций, эксплуатирующих системы водоснабжения, или по договорам с ними лабораториями других организаций, аккредитованными в установленном порядке на право выполнения исследований (испытаний) качества питьевой воды.

Организация, осуществляющая эксплуатацию системы водоснабжения, в соответствии с рабочей программой постоянно контролирует качество воды в следующих точках:

- 1) в местах водозабора,
- 2) перед поступлением в распределительную сеть,
- 3) в точках водозабора наружной водопроводной сети,
- 4) в точках водозабора внутренней водопроводной сети.

1) Производственный контроль качества и безопасности питьевой воды в местах водозабора:

– исследования проводятся по следующим видам показателей:

микробиологические,

паразитологические;

органолептические;

обобщенные показатели;

неорганические и органические вещества;

радиологические;

– количество и периодичность лабораторных исследований воды зависят от вида источника водоснабжения (подземный или поверхностный);

– планируется с учетом требований, изложенных в таблице 1.

Таблица 1 – Количество и периодичность контроля проб воды в местах водозабора, отбираемых для лабораторных исследований

Виды показателей	Количество проб в течение одного года, не менее	
	Для подземных источников	Для поверхностных источников
Микробиологические	4 (по сезонам года)	12 (ежемесячно)
Паразитологические	4 (по сезонам года)	12 (ежемесячно)
Органолептические	4 (по сезонам года)	12 (ежемесячно)
Обобщенные показатели	4 (по сезонам года)	12 (ежемесячно)
Неорганические и органические вещества	1	4 (по сезонам года)
Радиологические	1	1

13. Гигиеническое значение фильтрации воды. Основные типы фильтров, принципы их работы.

Первым этапом осветления водопроводной воды, прошедшей или не прошедшей коагуляцию, является осаждение взвешенных веществ в *отстойниках*. В отстойнике движение воды замедлено при увеличении сечения потока. Осаждением удаётся удалить из воды грубодисперсные примеси (частицы размером до 0,01 мм). В зависимости от направления движения воды различают горизонтальные и вертикальные отстойники.

Горизонтальный отстойник (рис. 2) представляет собой прямоугольный, вытянутый в направлении движения воды резервуар, снабженный приспособлениями для сообщения воде ламинарного течения. Дно горизонтального отстойника имеет наклон в сторону входной части, где находится приямок для

сбора осадка. Осветляемая вода поступает через водосливной лоток и далее через дырчатую перегородку с одной из торцовых сторон отстойника, а выходит с другой торцевой стороны также через дырчатую перегородку и затем

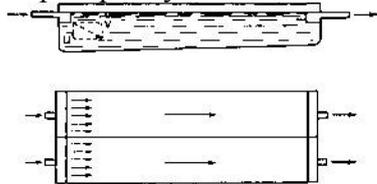


Рис. 2. Горизонтальный отстойник.

U — гидравлическая постоянная, V — скорость потока.

через лоток. Обычно отстойник разбивают на ряд параллельно работающих коридоров шириной не более 6 м. Горизонтальные отстойники применяют на станциях водоподготовки производительностью 30 000 м³/сут и более.

Перспективным методом интенсификации осаждения примесей воды является отстаивание в тонком слое. Этот прием используют в *отстойниках с тонкослойными модулями*. Тонкослойный модуль представляет собой блок из металла, напоминающий пчелиные соты, размером 1х1,5 м. Соты имеют сечение 0,15х0,005 м, длина канала 1,2-1,5 м. Тонкослойный модуль помещается в зоне осаждения горизонтального отстойника под углом до 40° к горизонтали. Производительность отстойника с тонкослойным модулем возрастает пропорционально внесенной площади пластин модуля.

Вертикальный отстойник (рис. 3) — резервуар конической или пирамидальной формы. В центре резервуара помещается металлическая труба, в верхнюю часть которой поступает осветляемая вода. При включении в схему обработки воды процесса коагуляции центральная труба служит камерой хлопьеобразования. Пройдя ее сверху вниз, осветляемая вода поступает в зону осаждения, которую проходит по всему ее сечению снизу вверх с небольшой скоростью.

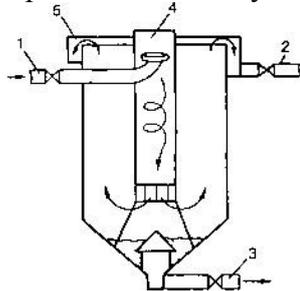


Рис. 3. Вертикальный отстойник.

1, 2 - соответственно подача сырой и отвод обработанной воды; 3 - сброс осадка, 4 — камера хлопьеобразования, 5 — кольцевой сборный лоток.

Осветленная вода переливается через борт отстойника в круговой желоб. Осадок, накапливающийся в нижней части отстойника, периодически (1-2 раза в сутки) удаляют без выключения отстойника из работы, открывая задвижку на выпускной трубе. Скорость восходящего потока воды в вертикальном отстойнике определяется по данным лабораторного эксперимента с водой источника или по данным эксплуатации отстойников, работающих в аналогичных условиях; обычно она составляет 0,4-0,6 мм/с. Преимуществом вертикальных отстойников является малая площадь; их рекомендуется применять на водопроводах небольшой производительности (до 3000 м³/сут).

Освещение коагулированной воды происходит значительно интенсивнее, если осветляемая вода проходит через слой ранее образованного осадка, находящегося во взвешенном состоянии. Контакт воды с осадком способствует получению более крупных и плотных хлопьев, чем в отстойниках, резко улучшает гидравлическую характеристику взвеси. Это свойство взвешенного осадка было использовано отечественными инженерами для разработки принципиально новых типов водоочистных сооружений — *осветлителей с взвешенным осадком*. В таких осветлителях процесс осветления происходит значительно быстрее, снижается расход коагулянта. Осветлители в настоящее время успешно вытесняют отстойники, особенно при осветлении мутных вод с концентрацией взвешенных веществ от 500 до 5000 мг/л. Известно несколько конструкций осветлителей с взвешенным осадком, но все они дают примерно одинаковое качество осветляемой воды. При правильно выбранных сооружениях для осаждения взвешенных веществ их содержание в обработанной воде составляет 8—12 мг/л.

Остаточная взвесь представлена в основном тонкодисперсными суспензиями минеральных веществ, бактериями и вирусами.

Несмотря на высокую *техническую эффективность* осаждения (процент удаления взвеси), такая вода не соответствует гигиеническим требованиям или, другими словами, отстойники и осветлители не могут дать достаточно *гигиенически эффективную* очистку (достижение уровня гигиенических требований). В связи с этим следующим этапом осветления воды на водопроводе становится ее фильтрование через фильтры с зернистой загрузкой. Фильтры разделяют по скорости фильтрования на медленные (0,1-0,3 м/ч) и скорые (5-10 м/ч), по направлению фильтрующего потока — на одно- и двухпоточные, по числу фильтрующих слоев — на одно- и двухслойные.

Фильтр с зернистой загрузкой представляет собой железобетонный резервуар, заполненный фильтрующим материалом в два слоя (поддерживающий и фильтрующий). Фильтрующий слой выполняют из отсортированного материала достаточной механической прочности (кварцевый песок, антрацитовая крошка, керамзит, шунгизит, дробленый мрамор). Новые фильтрующие материалы проходят санитарную экспертизу, в ходе которой устанавливаются их состав, а также скорость и степень вымываемости отдельных элементов, особенно тяжелых металлов.

Поддерживающий слой служит для того, чтобы мелкий фильтрующий материал не уносился вместе с фильтруемой водой через отверстия распределительной системы. Он состоит из слоев гравия или щебня разной крупности, постепенно увеличивающейся сверху вниз от 2 до 40 мм. Распределительная система фильтра состоит из труб с отверстиями разной формы и размера. Ее назначение - сбор и отвод профильтрованной воды без выноса зерен фильтрующего материала, а также равномерное распределение воды по площади фильтра при его промывке.

Фильтрование воды осуществляют двумя принципиально разными методами. Пленочное фильтрование предполагает образование пленки из ранее задержанных примесей воды в верхнем слое фильтрующей загрузки. Вследствие механического осаждения частиц взвеси и их прилипания к поверхности зерен загрузки уменьшается размер пор. Затем на поверхности песка развиваются водоросли, бактерии и пр., дающие начало илистому осадку, состоящему из минеральных и органических веществ (биологическая пленка). Образованию пленки способствуют малая скорость фильтрации, большая мутность воды, значительное содержание фитопланктона. Толщина пленки достигает 0,5-1 мм и более.

Биологическая пленка играет решающую роль в работе так называемых *медленных фильтров*. Помимо задерживания мельчайшей взвеси, пленка задерживает бактерии (уменьшая их количество на 95—99%), обеспечивает снижение окисляемости (на 20—45%) и цветности (на 20%). Постепенное утолщение пленки вызывает сопротивление фильтрованию - так называемую *потерю напора*, что требует периодической чистки медленного фильтра (снятие с его поверхности пленки и верхнего слоя песка). Медленные фильтры, простые в устройстве и эксплуатации, были первыми очистными сооружениями городских водопроводов в начале XIX века. В дальнейшем в связи с ростом водопотребления и мощностей водопроводов они уступили место скорым фильтрам, преимуществами которых являются большая производительность и меньшая площадь. С развитием централизованного водоснабжения в сельской местности роль медленных фильтров как простых и надежных сооружений для подготовки питьевой воды возрастает. Медленные фильтры сооружают с фильтрующим слоем кварцевого песка высотой 800—850 мм и поддерживающим слоем гравия или щебня высотой 400-450 мм. Фильтр вручную очищают через 10-30 сут, снимая верхний слой песка толщиной 15-20 мм и подсыпая свежий. В течение нескольких дней после очистки фильтра до образования биологической пленки фильтрат идет на сброс.

Объемное фильтрование, осуществляемое на *скорых фильтрах*, является физико-химическим процессом. При объемном фильтровании механические примеси проникают в толщу фильтрующей загрузки и адсорбируются под действием сил молекулярного притяжения на поверхности ее зерен и ранее прилипших частиц. Чем больше скорость фильтрования и чем крупнее зерна загрузки, тем глубже проникают в ее толщу загрязнения и тем равномернее они распределяются.

В результате уменьшения размера пор возрастает сопротивление загрузки при фильтровании, происходит потеря напора. Время от начала работы фильтра до достижения предельной потери напора, при которой фильтр должен быть выключен на промывку, называется *временем фильтроцикла*, или *фильтроциклом*. Время, в течение которого фильтр выдает воду надлежащего качества, называется временем защитного действия загрузки. Темп потери напора и качество фильтрата, как это видно на рис. 4, непропорциональны. Для санитарной надежности фильтра необходимо так подбирать режим его работы и параметры загрузки, чтобы время фильтроцикла было меньше времени защитного действия загрузки. В практике питьевого водоснабжения их соотношение должно быть примерно 1:0,8.

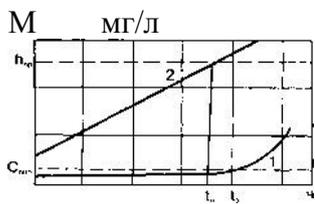


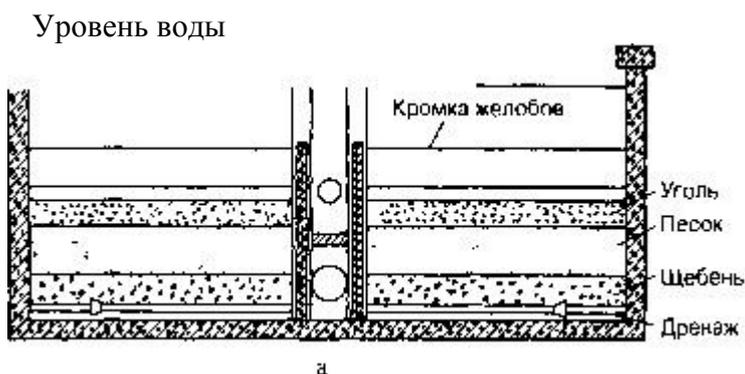
Рис. 4. Зависимость качества фильтрата от сопротивления фильтрующей загрузки.

$h_{пр}$ - предельная потеря напора; $C_{доп}$ - концентрация взвешенных веществ, допустимая в обработанной воде; t_3 - время защитного действия загрузки; t_H - время достижения предельной потери напора. 1 - концентрация взвешенных веществ в обработанной воде; 2 - потеря напора фильтрации.

Для нормальной работы фильтра важно, чтобы скорость фильтрования была постоянной в течение всего фильтроцикла, т.е. не уменьшалась по мере загрязнения фильтра. С этой целью на трубопроводе, отводящем фильтрованную воду, устанавливают автоматически работающие регуляторы скорости фильтрации, благодаря которым через фильтр проходит все время постоянное количество воды.

Устройство скорого фильтра показано на рис. 5.5. Коагулированная и прошедшая отстойник или осветлитель вода 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 фильтрующий и поддерживающий слой и через распределительную систему направляется в резервуар чистой воды. По окончании фильтроцикла производится промывка фильтра.

Промывку производят обратным током чистой профильтрованной воды путем ее подачи под необходимым напором в распределительную систему. Промывная вода, проходя с большой скоростью (в 7—10 раз больше скорости фильтрования) через фильтрующую загрузку снизу вверх, поднимает и взвешивает ее. Зерна расширившейся загрузки хаотично двигаются, ударяются друг о друга, сорбированные на них загрязнения попадают в промывную воду, которая вместе с загрязнениями переливается через кромки сборных желобов, расположенных над поверхностью фильтрующей загрузки, и отводится по ним в водосток. Продолжительность промывки скорых фильтров 5—7 мин. Количество промывной воды зависит от типа загрузки и колеблется от 12 до 18 л/(с м²).



Желоба для сброса промывной воды



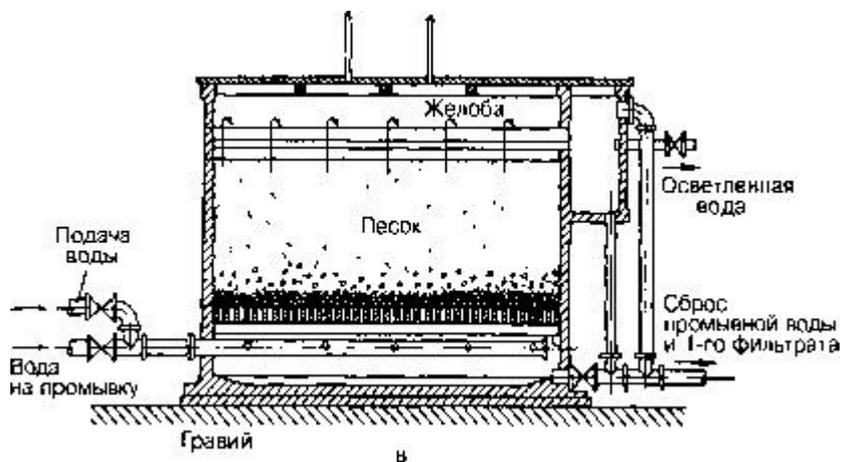


Рис. 5. Скорые фильтры

а - двухслойный фильтр, б - двухпоточный фильтр, в - контактный осветлитель

С целью ускорения фильтрации при конструировании новых фильтров повышают их грязеемкость, под которой понимают массу загрязнений в килограммах, задержанных 1 м^3 фильтрующей загрузки фильтра в течение фильтроцикла. К числу фильтров с повышенной грязеемкостью относятся фильтры с двухслойной загрузкой, двухпоточные фильтры системы АКХ и двухпоточные фильтры ДДФ.

В *фильтрах с двухслойной загрузкой* (см рис 5, а) над слоем песка 0,4—0,5 м насыпают слой дробленого 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 обычного скорого фильтра. Плотность антрацита (керамзита) меньше плотности песка, поэтому после промывки фильтра послойное расположение загрузки восстанавливается самостоятельно. Скорость фильтрации в двухслойном фильтре 10-12 м/ч, что в 2 раза больше, чем в скором.

Принцип работы *двухпоточных фильтров АКХ* (см рис 5, б) заключается в том, что основная масса воды (70%) фильтруется снизу вверх, а меньшая часть (30%), как и в обычных фильтрах, - сверху вниз. Благодаря этому основная масса загрязнений задерживается в нижней наиболее крупнозернистой части фильтра, имеющей большую грязеемкость. Толщина фильтрующего слоя в фильтре АКХ 1,45—1,65 м. На глубине 0,5—0,6 м от поверхности фильтрующей загрузки устанавливается трубчатый дренаж, через который отводится профильтрованная вода.

При промывке фильтра АКХ сначала в течение 1 мин подают промывную воду в дренажное устройство 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 желобе и отводится в водосток. Фильтры ДДФ конструктивно отличаются от фильтров АКХ двухслойной загрузкой (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 м^2 поверхности в 2 раза. В практике водоподготовки с целью интенсификации работы очистных сооружений используется коагуляция в зернистой загрузке скорых фильтров (контактная коагуляция), описанная выше. Контактная коагуляция особенно эффективна при смешивании коагулянта с обрабатываемой водой непосредственно перед ее введением в зернистую загрузку. При этом расход коагулянта снижается на 20%. Температура воды не влияет на контактную коагуляцию, хотя имеет большое значение при коагуляции в свободном объеме. Применение контактной коагуляции целесообразно при низких концентрациях взвеси в воде и отсутствии щелочного резерва. Сооружения, в которых используется метод контактной коагуляции, называются *контактными осветлителями* (см. рис. 5, в).

Для контактных осветлителей не нужно строить камеры хлопьеобразования и отстойники, что позволяет уменьшить объем сооружений в 4-5 раз и сократить капитальные затраты. Раствор коагулянта вводят в воду перед ее подачей на фильтрацию.

Вода фильтруется в направлении убывающей крупности зерен, снизу вверх, благодаря чему основная часть загрязнений задерживается в нижних крупнозернистых слоях. Большая высота загрузки увеличивает продолжительность фильтроцикла до 8 ч. Расчетная скорость фильтрования 5—6 м/ч. Скорость фильтрации на контактном осветлителе КФ-5 составляет 20 м/ч. Контактные осветлители удов-

летворительно работают при осветлении воды, содержащей не более 150 мг/л взвешенных веществ (включая образующиеся вследствие коагулирования) и при цветности до 150 градусов.

В контактных осветлителях, в отличие от фильтров, осветленная вода находится над фильтрующей загрузкой, поэтому зеркало воды должно быть изолировано от помещения управления осветлителями. Этой цели служит остекленная перегородка на всю высоту помещения.

Очистные сооружения водопровода для осветления и обесцвечивания воды способны, кроме того, задержать до 90% находящихся в воде бактерий и вирусов. После осветления и обесцвечивания с помощью физических и физико-химических методов вода по органолептическим свойствам и химическому составу должна соответствовать нормативам питьевой воды, но для достижения эпидемической безопасности необходимо обеззараживание.

14. Коагуляция воды, ее виды, условия проведения и гигиеническое значение.

Коагуляцией называется процесс укрупнения, агрегации коллоидных и тонкодисперсных примесей воды вследствие их взаимного слипания под действием сил молекулярного притяжения.

Коагуляция примесей воды позволяет ускорить осветление и обесцвечивание. Коагуляция происходит под влиянием химических реагентов - коагулянтов, которые либо нарушают агрегативную устойчивость примесей воды, либо образуют коллоиды, сорбирующие примеси воды. В качестве коагулянтов чаще всего используют соли алюминия или железа.

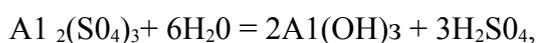
В практике водоподготовки известны два вида коагуляции — коагуляция в толще зернистой загрузки фильтра (контактная коагуляция) и коагуляция, происходящая в камерах хлопьеобразования (коагуляция в свободном объеме).

Механизм контактной коагуляции — нарушение агрегативной устойчивости коллоидных примесей воды в результате устранения или снижения до очень малых значений заряда мицеллы. При добавлении к обрабатываемой воде коагулянта, например сульфата алюминия, происходит его гидролиз с образованием трехвалентного иона алюминия:

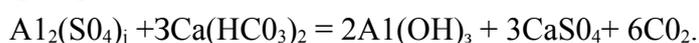


Ионы алюминия нейтрализуют заряд коллоидных частиц примесей воды и тем самым нарушают их агрегативную устойчивость. Лишенные устойчивости коллоидные частицы, проходя с потоком воды через фильтр (контактный осветлитель), адсорбируются на поверхности частиц зернистой загрузки фильтра под влиянием сил межмолекулярного взаимодействия. Это приводит к осветлению и обесцвечиванию воды.

Механизм коагуляции в свободном объеме имеет иной характер. Так же как и при контактной коагуляции, введение в обрабатываемую воду сульфата алюминия обуславливает нейтрализацию заряда природных коллоидов воды и снижение их агрегативной устойчивости. Этот процесс протекает очень быстро и заканчивается при установлении равновесия между катионами коагулянта и мицеллами природных коллоидов. После этого начинается образование гидроксида алюминия как в результате гидролиза:



так и путем взаимодействия коагулянта с присутствующими в воде карбонатами и бикарбонатами (резервная щелочность воды):



Гидроксид алюминия имеет коллоидную структуру (золь), вследствие чего обладает развитой поверхностью, сорбирующей примеси воды, в том числе природные коллоиды, потерявшие агрегативную устойчивость.

Гидролиз коагулянта является обратимой реакцией, и на его полноту влияет активная реакция воды. Понижение рН подавляет гидролиз солей слабых оснований, каким является сульфат алюминия. При повышении рН образуется отрицательно заряженный алюминат-ион $[AlO_2]^-$, не приводящий к коагуляции. Приемлемое для гидролиза значение рН 4,3-7,6, оптимальное - 5,5-6,5.

На эффективность коагуляции влияют также количество грубой взвеси, частицы которой служат своеобразными «ядрами коагуляции», интенсивность перемешивания, температура воды.

Очевидно, что для вод различного состава нужны разные дозы коагулянта. Предварительный расчет оптимальной дозы производят с учетом щелочности и цветности обрабатываемой воды. Однако сложность физико-химических процессов, приводящих к коагуляции, заставляет уточнять предварительно рассчитанную дозу *опытным путем*.

Для ускорения коагуляции и интенсификации работы очистных сооружений применяют так называемые *флоккулянты* — высокомолекулярные синтетические соединения. Различают флоккулянты

анионного (полиакриламид, К-4, К-6, активированная кремниевая кислота) и катионного (например, ВА-2) типа. Применение флокулянтов анионного типа требует предварительной обработки воды коагулянтом, использование катионных флокулянтов — предварительного введения коагулянта не предполагает. Флокулянты позволяют ускорить коагуляцию, увеличить скорость движения воды в отстойниках, уменьшить время отстаивания путем увеличения скорости осаждения хлопьев, повысить скорость фильтрования и продолжительность фильтроцикла.

Ассортимент веществ с флокулирующими свойствами постоянно расширяется. Для применения в централизованном питьевом водоснабжении допускаются лишь флокулянты, прошедшие гигиеническую апробацию и имеющие нормированные ПДК.

В составе сооружений для коагуляции в свободном объеме должны быть дозатор, смеситель и камера хлопьеобразования. Назначение сооружений ясно из их названия. Существует множество конструкций, различающихся материалоемкостью, сложностью монтажа и эксплуатации, эффективностью работы и производительностью.

Коагуляция только подготавливает воду для дальнейшей обработки — осветления и обесцвечивания и в этом смысле не является самостоятельным процессом. В ряде случаев в схеме подготовки питьевой воды коагуляцию не обозначают.

15. Гигиеническое значение обеззараживания питьевой воды: методы и их характеристика.

Гигиенические задачи обеззараживания питьевой воды

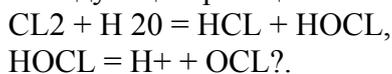
Часть патогенных бактерий и вирусов проникает через очистные сооружения и содержится в фильтрованной воде. Эффективность освобождения воды от микробного загрязнения на этапах очистки во многом зависит от характера взвеси, параметры которой весьма непостоянны. Для создания надежного и управляемого барьера на пути возможной передачи через воду кишечных инфекций применяется ее обеззараживание, т.е. уничтожение живых и вирулентных патогенных микроорганизмов — бактерий и вирусов.

В практике коммунального водоснабжения используют реагентные (хлорирование, озонирование, воздействие препаратами серебра, меди, йода) и безреагентные (ультрафиолетовые лучи, воздействие импульсными электрическими разрядами, гамма-лучами и др.) методы обеззараживания воды. При выборе метода обеззараживания следует учитывать опасность для здоровья человека остаточных количеств биологически активных веществ, применяемых для обеззараживания или образующихся в процессе обеззараживания, возможность изменения физико-химических свойств воды (например, образование свободных радикалов). Важными характеристиками метода обеззараживания являются также его эффективность в отношении различных видов микронаселения воды, зависимость эффекта от условий среды (рН, температура воды).

Химические (реагентные) методы

Хлорирование воды в настоящее время получило наиболее широкое распространение благодаря многим техническим, гигиеническим и экономическим преимуществам перед другими методами обеззараживания.

Для хлорирования воды используют различные соединения хлора и разные способы их взаимодействия с водой. Наибольшее распространение получил жидкий хлор, который поступает на водопроводные станции в цистернах или баллонах под высоким давлением. Он представляет собой маслянистую темно-зеленую жидкость плотностью 1,4 при 15 °С. При снижении давления жидкий хлор переходит в газообразный, хорошо растворяющийся в воде. Взаимодействие растворенного хлора с водой протекает по следующим реакциям:



Степень диссоциации хлорноватистой кислоты зависит от активной реакции воды. Обеззараживающее действие оказывают гипохлоритный ион OCl^- и недиссоциированная хлорноватистая кислота.

Кроме жидкого хлора, в практике обеззараживания воды используют ряд его соединений, из которых практическое значение для централизованных систем питьевого водоснабжения имеет диоксид хлора (ClO_2). Диоксид хлора — газ желто-зеленого цвета, хорошо растворимый в воде. При 4 °С в воде может раствориться до 20 объемов диоксида хлора. Диоксид хлора в воде практически не гидролизует, действующим началом является молекула вещества.

Неорганические хлорамины (моноклорамин NH_2Cl и дихлорамин NHCl_2) широко используют при обеззараживании воды на водопроводах.

Гипохлориты кальция и натрия представляют собой соли хлорноватистой кислоты. Действующим началом гипохлоритов является гипохлоритный ион (OCl^-). Хлорная известь — комплексное соединение, в котором ион кальция связан одновременно с анионами хлорноватистой и хлористоводородной кислот. Свежий технический продукт содержит не более 35% активного хлора. При хранении, особенно в сырости и на свету, хлорная известь теряет активность. Действующим началом гипохлоритов является гипохлоритный ион.

Различная бактерицидность хлорсодержащих препаратов связана с выраженностью их окислительных свойств. Современное представление о сущности окислительно-восстановительных реакций связывается с переносом электронов в ряду взаимодействующих веществ. Окислительно-восстановительный потенциал хлорсодержащих препаратов, как и их бактерицидная активность, возрастают в ряду хлорамины > хлорная известь > хлоргаз > диоксид хлора.

Процесс взаимодействия хлора с бактериальной клеткой в воде проходит две стадии: сначала обеззараживающий агент диффундирует внутрь бактериальной клетки, а затем вступает в реакцию с белками цитоплазмы, ядерным аппаратом клетки, а также с ферментами клетки, в первую очередь с дегидрогеназами, блокируя SH-группы. В экспериментах показана прямая корреляция подавления активности дегидрогеназ с бактерицидным эффектом. Препараты хлора воздействуют в основном на вегетативные формы бактерий. Спорцидный эффект проявляется в эксперименте при высоких концентрациях хлора и длительном контакте, нереальных для технологии водоподготовки. Высокорезистентны к действию хлора вирусы, а также цисты простейших и яйца гельминтов.

На эффективность хлорирования влияет ряд факторов, связанных с биологическими особенностями микроорганизмов, бактерицидными свойствами препаратов хлора, состоянием водной среды, условиями, в которых производится обеззараживание.

Скорость процесса обеззараживания воды определяется диффузией обеззараживающего агента внутрь клетки и отмиранием клеток в результате нарушения их метаболизма. Скорость обеззараживания возрастает с увеличением концентрации обеззараживающего вещества в воде, повышением ее температуры и переходом обеззараживающего агента в недиссоциированную форму, поскольку диффузия молекул через мембрану клетки происходит быстрее, чем гидратированных ионов, образующихся при диссоциации.

Эффективность хлорирования в большой мере зависит и от первоначального количества микробов в исходной воде:

$$N = N_0 10^{-kt},$$

где N_0 — начальное число бактерий; N — число бактерий после t минут контакта с хлором; k — константа скорости отмирания бактерий.

Константа скорости отмирания кишечной палочки под воздействием препаратов хлора колеблется от 0,506 до 0,026 в зависимости от исследуемого штамма. Эмпирически доказано и экспериментально подтверждено, что при наличии в обработанной воде не более 1 — 3 кишечных палочек на 1 л она не содержит возбудителей кишечных инфекций.

Эффективность хлорирования зависит от состава водной среды, в которой проявляется бактерицидное действие этих препаратов. С повышением pH воды бактерицидный эффект уменьшается. Это связано с тем, что с повышением pH возрастает диссоциация хлорноватистой кислоты (наиболее активного действующего начала), а также со снижением окислительно-восстановительного потенциала. Эффективность обеззараживания снижается в присутствии способных к окислению органических веществ и других восстановителей, а также коллоидных и взвешенных веществ, обволакивающих бактерии и мешающих контакту с ними обеззараживающего агента. Органические вещества, растворенные в воде, в разной степени могут влиять на бактерицидный эффект хлора, что объясняется их способностью к взаимодействию. Азотистые вещества животного происхождения (мочевина, аминокислоты, амины) активно связывают хлор, безазотистые (жиры, углеводы) слабо реагируют с хлором. Интегральным показателем свойств воды, мешающих обеззараживанию, является хлорпоглощаемость, измеряемая количеством хлора, необходимого для окисления имеющихся в воде восстановителей. Из этого следует большая зависимость эффекта хлорирования от качества очистки воды — предыдущей стадии водоподготовки. Хлорпоглощаемость прямо пропорциональна также дозе хлора и времени контакта.

Доза и время контакта хлора имеют наибольшее значение среди факторов, связанных с условиями обеззараживания, причем отмечается их сложная зависимость как между собой, так и с другими

факторами, влияющими на эффективность хлорирования. Температура среды, в которой производится хлорирование на эффективность обеззараживания существенно не влияет.

Множество факторов, определяющих бактерицидный эффект хлора, а также сложные взаимосвязи между ними затрудняют управление процессом обеззараживания питьевой воды. В условиях эксплуатации водопровода можно влиять на дозу обеззараживающего агента. Подбор оптимальной дозы активного хлора, под которой понимают его количество, обеспечивающее достаточный эффект обеззараживания при заданном времени контакта, производится опытным путем в лабораторном эксперименте. С изменением качества исходной воды, технологической схемы ее обработки, времени года оптимальную дозу хлора подбирают вновь.

Оптимальная доза активного хлора состоит из количества хлора, необходимого для удовлетворения хлорпоглощаемости воды и бактерицидного действия, и некоторого количества так называемого остаточного хлора, присутствующего в обеззараженной воде и свидетельствующего о завершении процесса обеззараживания.

Остаточный хлор наряду с количеством кишечных палочек в воде служит косвенным показателем ее безопасности в эпидемиологическом отношении.

Концентрация остаточного хлора нормируется СанПиН «Питьевая вода» на разном уровне в зависимости от его состояния: для связанного (хлораминного) хлора 0,8—1,2 мг/л, для свободного (хлорноватистая или хлорная кислота, гипохлоритный ион) 0,3-0,5 мг/л. В указанных диапазонах концентраций остаточный хлор не изменяет органолептические свойства воды и в то же время точно определяется аналитическими методами. Содержание остаточного хлора нормируется в воде на выходе с водопроводной станции, после резервуаров чистой воды.

Необходимо отметить, что остаточный хлор является сигналом достаточности обеззараживания только при соблюдении всех правил технологии обработки воды (время отстаивания, скорость фильтрования и т. д.), а также при достаточном времени контакта (30 мин при обеззараживании свободным хлором и 60 мин — связанным). Нельзя рассчитывать и на то, что остаточный хлор может предотвратить неблагоприятные последствия вторичного загрязнения воды в процессе ее транспортировки по распределительной сети. Низкие концентрации остаточного хлора явно недостаточны для окисления сильно загрязненных грунтовых вод города, которые могут поступить в водопроводные трубы при дефектах сети и авариях. Основой охраны качества питьевой воды в распределительной сети являются техническая исправность сети и соблюдение правил эксплуатации (регулярная промывка, дезинфекция после ремонтных работ, содержание смотровых колодцев и пр.).

Взаимодействие хлора с компонентами обрабатываемой воды является сложным и многостадийным процессом (рис. 1).

Малые дозы хлора полностью связываются органическим веществом воды, в первую очередь аминами, которые в настоящее время постоянно присутствуют в воде поверхностных источников водоснабжения. С увеличением дозы в воде накапливается остаточный, связанный с аминами хлор. При дальнейшем увеличении дозы количество остаточного связанного хлора падает до определенной точки, называемой точкой перелома на кривой остаточного хлора. Это падение объясняется потреблением хлораминов и других хлорорганических соединений органическим веществом воды с образованием комплексных соединений, в которых хлор не проявляет активность. При увеличении дозы хлора после точки перелома вновь начинается рост остаточного

го хлора, но этот хлор не связан с хлораминами и носит название свободного остаточного хлора.

Существует несколько способов хлорирования с учетом характера остаточного хлора, выбор которых определяется особенностями обрабатываемой воды. Так, в воде поверхностных источников часто присутствуют фенолы, попадающие туда с промышленными сточными водами. При взаимодействии хлора с фенолом образуются весьма стабильные хлорфенольные соединения, порог ощущения запаха которых на несколько порядков ниже порога ощущения запаха составляющих веществ, что ограничивает потребление воды для питьевых целей.

Для предупреждения провоцирования запаха используется способ хлорирования с преаммонизацией, при котором в обрабатываемую воду вводится аммиак, образующий амины, а затем хлор, вступающий в реакцию с аминами уже на первой стадии процесса. Образующиеся хлорамины (связанный активный хлор) не взаимодействуют с фенолами, и хлорфенольного запаха в воде не образуется. Однако необходимо учитывать, что связанный (хлораминный) хлор проявляет бактерицидный эффект примерно в 2 раза медленнее, чем свободный (гипохлоритный) хлор, и обладает более низким (примерно в 1-1,5 раза) окислительно-восстановительным потенциалом. Вследствие этого приходится увеличивать время контакта и величину остаточного хлора, что нашло отражение в СанПиН.

Суперхлорирование, т.е. хлорирование избыточными дозами хлора, используется при особой эпидемической обстановке и при невозможности обеспечить достаточное время контакта воды с хлором. При суперхлорировании также не провоцируются запахи в воде, поскольку образовавшиеся на раннем этапе взаимодействия хлора с водой хлорорганические соединения в дальнейшем разрушаются избытком хлора. Однако необходимо удаление избыточного остаточного хлора (дехлорирование) перед подачей воды потребителю, что достигается добавлением к воде гипосульфита, сорбцией хлора на активированном угле или аэрацией.

При обеззараживании воды послепереломными дозами (хлорирование с остаточным свободным хлором) дозу хлора подбирают в диапазоне 4. Этот способ отличается от суперхлорирования более тщательным подбором дозы и поэтому не требует дополнительного дехлорирования. Он дает высокий и стойкий бактерицидный эффект, предупреждает появление запахов в воде и требует меньшего времени контакта по сравнению со способом хлорирования с преаммонизацией.

При хлорировании диоксидом хлора отмечается более высокий бактерицидный эффект при той же дозе активного хлора, не образуется новых запахов и даже исчезают запахи (бензина, меркаптана и пр.), имевшиеся в исходной воде. Это объясняется тем, что действующим началом при введении диоксида хлора является не хлорноватистая кислота, а молекула диоксида хлора - более сильный окислитель.

Гипохлориты можно получать на месте потребления электролитическим путем. В качестве электролитов используются или специально приготовленные растворы хлорида натрия, или природные электролиты — подземные минерализованные и морские воды. Обеззараживание на установках водоподготовки производительностью до 5000 м³/сут возможно прямым электролизом воды при исходном содержании хлоридов не менее 20 мг/л и жесткости до 7 мг-экв/л. Получение гипохлоритов непосредственно на водопроводной станции имеет значительные экономические преимущества и позволяет избежать транспортировки и хранения жидкого хлора - опасного и токсичного вещества.

Для обеззараживания воды на водопроводах, использующих поверхностные источники с очень высоким бактериальным загрязнением, используют так называемое двойное хлорирование. Основную дозу хлора вводят в воду перед процессом очистки, а после очистки выполняют заключительное хлорирование.

Такой способ положительно оценивается технологами по обработке воды, поскольку в значительной мере снижает обрастание водопроводных сооружений и коммуникаций водорослями. Однако высокая концентрация образующихся при этом хлорорганических соединений не позволяет считать метод двойного хлорирования безупречным. Предшественники хлорорганических соединений — гуминовые кислоты и фульвокислоты, производные фенола, анилина, являющиеся продуктами метаболизма водорослей, постоянно присутствуют в воде поверхностных источников водоснабжения.

Хлорорганические соединения в низких дозах не только оказывают общетоксическое действие, но и способны дать эмбриотоксический, мутагенный и канцерогенный эффект.

Хлорированию как методу обеззараживания воды присущи и другие недостатки. К ним относятся сложность транспортировки и хранения жидкого хлора — взрывоопасного и токсичного вещества, необходимость соблюдения многочисленных требований по технике безопасности, продолжительное время контакта для достижения обеззараживающего эффекта. Некоторые химические вещества техногенного происхождения, например синтетические ПАВ, могут существенно влиять на эффективность хлорирования.

Тем не менее высокая бактерицидная эффективность и технологическая надежность делают метод хлорирования самым распространенным в практике обеззараживания питьевой воды как в нашей стране, так и за рубежом.

Обеззараживание воды озоном. Озон не только оказывает бактерицидное действие на патогенную микрофлору, но и способен разрушать многие присутствующие в воде источника водоснабжения химические вещества техногенного происхождения.

Озон (O₃) - газ бледно-фиолетового цвета, обладающий характерным запахом. Это один из сильнейших окислителей; он способен окислять все металлы, кроме золота и платиноидов, а также большинство неметаллов. Окисление осуществляет атомарный кислород, образующийся в воде при распаде растворенного в ней озона.

Озон на водопроводных станциях получают с помощью специальных установок (рис.2).

Главным технологическим узлом установки является озонатор. Озонатор состоит из двух электродов, между которыми находится воздушное разрядное пространство шириной 2— 3 мм. Один из электродов заземлен, ко второму подведен переменный ток напряжением свыше 1000 В. Воздух, поступающий в озонаторы, предварительно очищают от пыли, освобождают от влаги и охлаждают. Подготовленная озоноздушная смесь поступает в барботажные колонны, где осуществляется ее контакт с

обрабатываемой водой. Время контакта, необходимое для проявления бактерицидного эффекта, около 10 мин.

Молекула озона легко разлагается на атом и молекулу кислорода. При разложении озона в воде в качестве промежуточных продуктов образуются короткоживущие свободные радикалы HO_2 , OH . Молекулярный кислород и свободные радикалы, являясь сильными окислителями, обуславливают бактерицидные свойства озона.

Обеззараживающее действие озона на вегетативные формы бактерий в 15-20 раз, а на споровые формы в 300-600 раз более выражено, чем действие хлора. Высокий вирулицидный эффект озона проявляется при реальных для практики водоподготовки концентрациях 0,5-0,8 мг/л и времени контакта 12 мин. Известна высокая эффективность озона относительно присутствующих в воде цист простейших. Наряду с бактерицидным действием озона в процессе обработки воды происходят обесцвечивание и устранение привкусов и запахов, а также деструкция высокомолекулярных органических соединений.

Механизм бактерицидного действия озона заключается в инактивации бактериальных ферментов, необратимом нарушении структуры ДНК клетки атомарным кислородом, образующимся при распаде озона.

При обработке воды озоном в ней образуются продукты озонолиза органических веществ в виде альдегидов, кетонов, низкомолекулярных карбоновых кислот; среди них наиболее актуален формальдегид. Опасность продуктов озонолиза возрастает в случае комбинации в схеме обработки воды озонирования и последующего хлорирования. При этом образуются хлорированные продукты озонолиза с мутагенными и канцерогенными свойствами.

Косвенным показателем эффективности обеззараживания воды озоном при оперативном контроле служит присутствие в воде остаточных количеств озона на уровне 0,1—0,3 мг/л после камеры смешения (барботажных колонн).

Преимущества озона перед хлором при обеззараживании воды состоят в том, что озон не образует в воде соединений, подобных хлорорганическим, улучшает органолептические свойства воды и обеспечивает бактерицидный эффект при меньшем времени контакта. Широкое внедрение озонирования в практику обработки воды сдерживается высокой энергоемкостью процесса получения озона; озонирование на порядок дороже хлорирования.

Другие бактерицидные вещества, используемые для обеззараживания воды. Практический опыт обеззараживания воды серебром накапливался человечеством на протяжении ряда веков. Работами отечественных и зарубежных ученых установлен высокий бактерицидный эффект серебра уже в концентрации 0,05 мг/л; эффективны рабочие концентрации 0,2-0,4 мг/л и выше. Антимикробное действие серебра охватывает многие виды бактерий и вирусы, но вирулицидный эффект проявляется только при высоких, выше 0,5 мг/л, концентрациях, а спороцидного действия серебро не оказывает.

Механизм бактерицидного действия серебра заключается в блокировании функциональных групп ферментных систем клетки, расположенных в цитоплазматической мембране и в периплазматическом пространстве. Инактивация ферментных групп малыми концентрациями положительных ионов металлов носит название олигодинамического эффекта. В современных установках используется электролитический способ введения серебра. На аноде при этом образуются ионы гипохлорита и перекисных соединений, которые усиливают олигодинамическое действие серебра.

Применение серебра для обеззараживания питьевой воды сдерживают его высокая стоимость, а также то обстоятельство, что его ПДК в воде, установленная по токсикологическому признаку вредности, составляет 0,05 мг/л, что на порядок ниже эффективных по бактерицидному действию концентраций. В связи с этим серебро применяется для обеззараживания и консервации небольших объемов питьевой воды в системах автономного жизнеобеспечения.

Для обеззараживания питьевой воды используют олигодинамический эффект ионов меди. Антимикробные спектры серебра и меди совпадают, но действующие концентрации меди выше, и бактерицидный эффект развивается медленнее.

Для обеззараживания индивидуальных или небольших групповых запасов питьевой воды в полевых условиях используют препараты йода, которые, в отличие от препаратов хлора, действуют быстрее и не ухудшают органолептические свойства воды. Бактерицидный эффект обеспечивается при концентрации йода 0,3—1 мг/л, вирулицидный - 0,5-2 мг/л при экспозиции 20-30 мин.

Физические (безреагентные) методы

Среди безреагентных физических методов обеззараживания воды наиболее изучены ультрафиолетовые лучи. Кроме того, известен выраженный бактерицидный эффект гамма-излучения, ультразвука, импульсного электрического разряда (ИЭР).

Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами основано на воздействии биологически активной ультрафиолетовой части спектра на микроорганизмы. Эта часть излучения в диапазоне длин волн от 205 до 315 нм называется бактерицидным излучением. Максимум бактерицидного действия приходится на диапазон 250-270 нм.

Применение ультрафиолетовых лучей для обеззараживания питьевой воды до недавнего времени было ограничено по причине низкой гигиенической надежности и недостаточной экономической эффективности разработанных в начале 50-х годов установок с бактерицидными лампами среднего давления. Лампы этого типа имели высокую энергоемкость, высокую рабочую температуру и низкий коэффициент полезного действия бактерицидного излучения. Последний фактор резко ограничивал возможность использования ультрафиолетовых лучей; гигиеническая эффективность достигалась лишь в воде, содержащей не более 0,3 мг/л железа при мутности не более 1,5 мг/л.

В современных установках применяют лампы, заполненные смесью паров ртути и инертных газов и работающие в режимах низкого и высокого давления. Лампы низкого давления имеют электрическую мощность 2-200 Вт и рабочую температуру 40-150 °С. В лампах этого типа около 30% электрической энергии преобразуется в бактерицидное излучение. Срок службы ламп низкого давления составляет 5000—10 000 ч. В установках с непогруженными источниками излучения используются лампы с отражателями, в установках с погруженными источниками - лампы с защитными кварцевыми чехлами.

Надежность контроля работы установок ультрафиолетовых лучей обеспечивается датчиками измерения интенсивности ультрафиолетовых лучей в камере обеззараживания, системой автоматики, подающей звуковой и световой сигналы при снижении минимальной заданной дозы, счетчиками «времени наработки» ламп, индикаторами их исправности.

Ультрафиолетовые лучи поглощаются как самой водой, так и веществами, находящимися в растворенном и взвешенном состоянии. Цифровое выражение поглощающей способности, коэффициент поглощения, указывает долю бактерицидного излучения, поглощенного слоем воды. Степень поглощения определяется физико-химическими свойствами обрабатываемой воды, а также толщиной ее слоя. Коэффициенты поглощения природной воды поверхностных источников водоснабжения колеблются в пределах от 0,2 до 0,6, питьевой воды, полученной из подземных источников, - 0,05-0,2, воды поверхностных источников, прошедшей очистку, - 0,15—0,3. На поглощение бактерицидной энергии влияют цветность, мутность воды и содержание в ней железа. Установлено, что с увеличением цветности воды на 1 градус коэффициент поглощения возрастает на 0,07—0,09, а каждые 0,1 мг железа в 1 л воды увеличивает значение коэффициента на 0,01-0,015.

Другие показатели химического состава воды, такие, как жесткость, содержание сульфатов, аммиака, нитритов и нитратов, в обычных концентрациях практически не влияют на поглощение ультрафиолетовых лучей.

Ультрафиолетовые лучи можно использовать для обработки воды с цветностью до 50 градусов, мутностью до 30 мг/л и содержанием железа до 5 мг/л.

Механизм бактерицидного действия ультрафиолетовых лучей заключается в необратимых повреждениях молекул ДНК и РНК микроорганизмов, находящихся в воде. Фотохимическое воздействие предполагает разрыв или изменение химических связей органической молекулы в результате поглощения энергии фотона. В основе вторичных процессов лежит образование свободных радикалов в воде, которые усиливают бактерицидный эффект ультрафиолетовых лучей.

Эффективность обеззараживающего действия ультрафиолетовых лучей зависит в первую очередь от биологических особенностей и количества микроорганизмов в обрабатываемой воде, физико-химических показателей воды, а также условий, в которых осуществляется обеззараживание.

Водные микроорганизмы имеют различную устойчивость к действию ультрафиолетовых лучей. Экспериментальные исследования показали, что для получения равного бактерицидного эффекта при обеззараживании воды, содержащей споровые микроорганизмы, бактерицидной энергии требуется в 2-3 раза больше, чем для вегетативных форм. Вегетативные формы имеют различную устойчивость к действию ультрафиолетовых лучей. В частности, патогенные микроорганизмы - возбудители кишечных болезней (брюшного тифа, дизентерии и др.) более чувствительны к ультрафиолетовым лучам, чем бактерии группы кишечных палочек. Дозы облучения, необходимые для инактивации 99,9% микроорганизмов в лабораторных условиях, колеблются от 5,2 (шигелла Флекснера) до 11 мДж/см² (вирус гепатита А). Различия устойчивости микроорганизмов к действию ультрафиолетовых лучей нужно учитывать при определении количества бактерицидной энергии для эффективного

обеззараживания. В расчет дозы включают коэффициент сопротивляемости более устойчивых к воздействию бактерицидного излучения патогенных микроорганизмов.

Ультрафиолетовые лучи в дозах, обеспечивающих бактерицидный эффект, не гарантируют уничтожения возбудителей паразитарных болезней. Это обеспечивается на этапах подготовки воды, предшествующих обеззараживанию (коагуляция, фильтрация и т.п.).

Эффективность обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами в значительной степени зависит от ее исходного бактериального загрязнения; чем выше начальное загрязнение обрабатываемой воды, тем больше требуется бактерицидной энергии для ее эффективного обеззараживания. Микроорганизмы обладают различной чувствительностью к бактерицидным лучам, и среди массы клеток всегда встречаются микроорганизмы с устойчивостью, отклоняющейся от средней величины для данного вида. Таких клеток с повышенной устойчивостью тем больше, чем выше начальная концентрация бактерий. Как показывают экспериментальные исследования, а также практика обработки питьевой воды ультрафиолетовыми лучами на коммунальных водопроводах, соответствие качества воды требованиям СанПиН «Питьевая вода» по микробиологическим показателям гарантируется даже тогда, когда в обрабатываемой воде встречаются отдельные микроорганизмы с повышенной сопротивляемостью.

Эффективность обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами зависит и от количества затраченной бактерицидной энергии.

Ее величина определяется произведением интенсивности бактерицидного облучения на его продолжительность. Это означает, что один и тот же эффект можно получить при малой интенсивности облучения, но большей его продолжительности и, наоборот, при большой интенсивности облучения и малой продолжительности. Необходимо заметить, что обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами происходит в потоке, поэтому продолжительность облучения выражается не через время, а через скорость потока, которая должна быть постоянной. При определении требуемого количества бактерицидной энергии следует учитывать ее поглощение при прохождении лучей через слой воды.

Требуемое количество бактерицидной энергии, а, следовательно, и эффективность обеззараживания зависят также от условий, в которых оно осуществляется. Одно из этих условий — ограничение толщины слоя обрабатываемой воды, который должен поглощать не более 10% бактерицидной энергии. При увеличении толщины слоя облучаемой воды количество бактерицидной энергии, обеспечивающей обеззараживание, уменьшается пропорционально его толщине. В расчет обеззараживающей дозы вводят коэффициент использования бактерицидной энергии, учитывающий ее поглощение водой. Коэффициент не должен быть менее 0,9, поскольку использование бактерицидных ламп с более низким коэффициентом не обеспечивает надежного обеззараживания воды. Использование ламп с более высоким значением коэффициента приводит к резкому увеличению габаритов бактерицидных установок, а следовательно, и их стоимости, а также затрудняет создание в них равномерного потока облучаемой воды.

Эффективность обеззараживания ультрафиолетовыми лучами не зависит от рН и температуры воды. Точный расчет технических параметров бактерицидных установок, учитывающий все основные факторы, является непременным условием успешного обеззараживания питьевой воды.

В технологии получения питьевой воды ультрафиолетовые лучи можно использовать при предварительном и заключительном обеззараживании воды. На этапе предварительного обеззараживания ультрафиолетовые лучи используются как альтернатива первичному хлорированию. Это снижает вероятность образования в воде хлорорганических соединений, уменьшает микробное загрязнение воды и поддерживает удовлетворительное санитарное состояние очистных сооружений. Для эффективного заключительного обеззараживания питьевой воды установка должна обеспечить дозу облучения не менее 16 мДж/см² для всего прошедшего объема воды. Совместное применение ультрафиолетовых лучей и хлора повышает надежность обеззараживания воды в отношении вирусов.

Положительные стороны использования ультрафиолетовых лучей - широкий спектр антимикробного действия, отсутствие опасности передозировки, сохранение органолептических свойств воды, минимальное время контакта (секунды).

Недостатками метода обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами являются зависимость бактерицидного эффекта от мутности и цветности обрабатываемой воды и отсутствие оперативного контроля эффективности. Этот метод не дает эффекта последействия, что делает возможным вторичный рост бактерий в обработанной воде.

Эффективности и надежности обеззараживания питьевой воды ультрафиолетовыми лучами можно достигнуть лишь при высокой технологической культуре: тщательной оценке качества исходной воды, правильном монтаже и эксплуатации установок.

Ионизирующее гамма-излучение оказывает выраженное бактерицидное действие. В 60-х годах прошлого века было предложено использовать его для обеззараживания питьевой воды. Под действием гамма-излучения в процессе радиолиза воды образуются свободные радикалы, которые и оказывают губительное действие на бактериальную клетку. 90% бактерий погибает при относительно невысоких дозах облучения — 10 000-15 000 Р. Дозы порядка 25 000-50 000 Р вызывают гибель практически всех бактериальных форм. Эффективная вирулицидная доза в эксперименте составила 100 000 Р.

В установках для обеззараживания воды, по данным зарубежной литературы, можно использовать отработанные тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) атомных реакторов, что в значительной мере позволяет снизить капитальные затраты. Однако высокие требования к технике безопасности при эксплуатации установки, отсутствие эффекта последствия и способа оперативного контроля ограничивают использование этого метода в практике централизованного питьевого водоснабжения.

Вопрос о возможности обеззараживания воды ультразвуком был поставлен в середине прошлого века. Большинство исследователей объясняют бактерицидное действие ультразвука механическим разрушением бактерий, другие наряду с механическим воздействием отмечают роль химических реакций, вызванных ультразвуком. Единой теории, объясняющей бактерицидное действие ультразвука, не существует.

К преимуществам ультразвуковой обработки воды можно отнести широкий спектр антимикробного действия, отсутствие влияния на органолептические свойства воды, независимость бактерицидного эффекта от физико-химических свойств воды. Технологические основы использования ультразвука в водоподготовке не разработаны. Сдерживающим моментом остается трудность конструирования установок большой производительности, достаточной технической надежности в эксплуатации и приемлемой стоимости.

Среди перспективных физико-химических способов обеззараживания питьевой воды большой интерес представляют МЭР. Электрогидравлический эффект возникает в результате выделения большого количества энергии между электродами, помещенными в обрабатываемую воду. Высоковольтный (20-100 кВ) или низковольтный (1-10 кВ) разряд происходит за доли секунды и сопровождается мощными гидравлическими процессами с образованием ударных волн, явлений кавитации, ультрафиолетовых и ультразвуковых импульсов, магнитных и электрических полей. При этом в воде появляются свободные радикалы. С гигиенических позиций наиболее изучен процесс обеззараживания воды низковольтным МЭР (НИЭР).

Эффективность обеззараживания НИЭР не зависит от вида и концентрации микроорганизмов, мало зависит от состава обрабатываемой воды и определяется техническими параметрами процесса (величиной рабочего напряжения, суммарной плотностью энергии обработки и пр.). Энергоемкость НИЭР сопоставима с таковой при озонировании воды.

Механизм бактерицидного действия НИЭР определяется комбинированным воздействием импульсного ультрафиолетового излучения и свободных радикалов, образующихся в зоне разряда, на ферментные системы клетки. Обеззараживание питьевой воды методом ИЭР используется в системах автономного жизнеобеспечения.

16. Методы обеззараживания питьевой воды. Санитарный контроль за технологией обеззараживания. (см. п. 15)

17. Хлорирование питьевой воды. Факторы, влияющие на эффективность хлорирования. Хлорирование питьевой воды по хлорпотребности. (см. п. 15)

18. Хлорсодержащие препараты, их гигиеническая оценка. Хлорирование с преаммонизацией. Показания и условия проведения. (см. п. 15)

19. Обеззараживание воды газообразным хлором и хлорной известью; условия проведения. (см. п. 15)

20. Виды хлорирования воды. Хлорирование воды постпереломными дозами. Суперхлорирование. Двойное хлорирование. Показания и условия проведения. (см. п. 15)

21. Обеззараживание питьевой воды ультрафиолетовыми лучами. Условия его проведения.

Среди безреагентных физических методов обеззараживания воды наиболее изучены ультрафиолетовые

лучи. Кроме того, известен выраженный бактерицидный эффект гамма-излучения, ультразвука, импульсного электрического разряда (ИЭР).

Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами основано на воздействии биологически активной ультрафиолетовой части спектра на микроорганизмы. Эта часть излучения в диапазоне длин волн от 205 до 315 нм называется бактерицидным излучением. Максимум бактерицидного действия приходится на диапазон 250-270 нм.

Применение ультрафиолетовых лучей для обеззараживания питьевой воды до недавнего времени было ограничено по причине низкой гигиенической надежности и недостаточной экономической эффективности разработанных в начале 50-х годов установок с бактерицидными лампами среднего давления. Лампы этого типа имели высокую энергоемкость, высокую рабочую температуру и низкий коэффициент полезного действия бактерицидного излучения. Последний фактор резко ограничивал возможность использования ультрафиолетовых лучей; гигиеническая эффективность достигалась лишь в воде, содержащей не более 0,3 мг/л железа при мутности не более 1,5 мг/л.

В современных установках применяют лампы, заполненные смесью паров ртути и инертных газов и работающие в режимах низкого и высокого давления. Лампы низкого давления имеют электрическую мощность 2-200 Вт и рабочую температуру 40-150 °С. В лампах этого типа около 30% электрической энергии преобразуется в бактерицидное излучение. Срок службы ламп низкого давления составляет 5000—10 000 ч. В установках с непогруженными источниками излучения используются лампы с отражателями, в установках с погруженными источниками - лампы с защитными кварцевыми чехлами.

Надежность контроля работы установок ультрафиолетовых лучей обеспечивается датчиками измерения интенсивности ультрафиолетовых лучей в камере обеззараживания, системой автоматики, подающей звуковой и световой сигналы при снижении минимальной заданной дозы, счетчиками «времени наработки» ламп, индикаторами их исправности.

Ультрафиолетовые лучи поглощаются как самой водой, так и веществами, находящимися в растворенном и взвешенном состоянии. Цифровое выражение поглощающей способности, коэффициент поглощения, указывает долю бактерицидного излучения, поглощенного слоем воды. Степень поглощения определяется физико-химическими свойствами обрабатываемой воды, а также толщиной ее слоя. Коэффициенты поглощения природной воды поверхностных источников водоснабжения колеблются в пределах от 0,2 до 0,6, питьевой воды, полученной из подземных источников, - 0,05-0,2, воды поверхностных источников, прошедшей очистку, - 0,15—0,3. На поглощение бактерицидной энергии влияют цветность, мутность воды и содержание в ней железа. Установлено, что с увеличением цветности воды на 1 градус коэффициент поглощения возрастает на 0,07—0,09, а каждые 0,1 мг железа в 1 л воды увеличивает значение коэффициента на 0,01-0,015.

Другие показатели химического состава воды, такие, как жесткость, содержание сульфатов, аммиака, нитритов и нитратов, в обычных концентрациях практически не влияют на поглощение ультрафиолетовых лучей.

Ультрафиолетовые лучи можно использовать для обработки воды с цветностью до 50 градусов, мутностью до 30 мг/л и содержанием железа до 5 мг/л.

Механизм бактерицидного действия ультрафиолетовых лучей заключается в необратимых повреждениях молекул ДНК и РНК микроорганизмов, находящихся в воде. Фотохимическое воздействие предполагает разрыв или изменение химических связей органической молекулы в результате поглощения энергии фотона. В основе вторичных процессов лежит образование свободных радикалов в воде, которые усиливают бактерицидный эффект ультрафиолетовых лучей.

Эффективность обеззараживающего действия ультрафиолетовых лучей зависит в первую очередь от биологических особенностей и количества микроорганизмов в обрабатываемой воде, физико-химических показателей воды, а также условий, в которых осуществляется обеззараживание.

Водные микроорганизмы имеют различную устойчивость к действию ультрафиолетовых лучей. Экспериментальные исследования показали, что для получения равного бактерицидного эффекта при обеззараживании воды, содержащей споровые микроорганизмы, бактерицидной энергии требуется в 2-3 раза больше, чем для вегетативных форм. Вегетативные формы имеют различную устойчивость к действию ультрафиолетовых лучей. В частности, патогенные микроорганизмы - возбудители кишечных болезней (брюшного тифа, дизентерии и др.) более чувствительны к ультрафиолетовым лучам, чем бактерии группы кишечных палочек. Дозы облучения, необходимые для инактивации 99,9% микроорганизмов в лабораторных условиях, колеблются от 5,2 (шигелла Флекснера) до 11 мДж/см² (вирус гепатита А). Различия устойчивости микроорганизмов к действию ультрафиолетовых лучей нужно учитывать при определении количества бактерицидной энергии для эффективного обеззараживания. В расчет дозы включают коэффициент сопротивляемости более устойчивых к

воздействию бактерицидного излучения патогенных микроорганизмов.

Ультрафиолетовые лучи в дозах, обеспечивающих бактерицидный эффект, не гарантируют уничтожения возбудителей паразитарных болезней. Это обеспечивается на этапах подготовки воды, предшествующих обеззараживанию (коагуляция, фильтрация и т.п.).

Эффективность обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами в значительной степени зависит от ее исходного бактериального загрязнения; чем выше начальное загрязнение обрабатываемой воды, тем больше требуется бактерицидной энергии для ее эффективного обеззараживания. Микроорганизмы обладают различной чувствительностью к бактерицидным лучам, и среди массы клеток всегда встречаются микроорганизмы с устойчивостью, отклоняющейся от средней величины для данного вида. Таких клеток с повышенной устойчивостью тем больше, чем выше начальная концентрация бактерий. Как показывают экспериментальные исследования, а также практика обработки питьевой воды ультрафиолетовыми лучами на коммунальных водопроводах, соответствие качества воды требованиям СанПиН «Питьевая вода» по микробиологическим показателям гарантируется даже тогда, когда в обрабатываемой воде встречаются отдельные микроорганизмы с повышенной сопротивляемостью.

Эффективность обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами зависит и от количества затраченной бактерицидной энергии.

Ее величина определяется произведением интенсивности бактерицидного облучения на его продолжительность. Это означает, что один и тот же эффект можно получить при малой интенсивности облучения, но большей его продолжительности и, наоборот, при большой интенсивности облучения и малой продолжительности. Необходимо заметить, что обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами происходит в потоке, поэтому продолжительность облучения выражается не через время, а через скорость потока, которая должна быть постоянной. При определении требуемого количества бактерицидной энергии следует учитывать ее поглощение при прохождении лучей через слой воды.

Требуемое количество бактерицидной энергии, а, следовательно, и эффективность обеззараживания зависят также от условий, в которых оно осуществляется. Одно из этих условий — ограничение толщины слоя обрабатываемой воды, который должен поглощать не более 10% бактерицидной энергии. При увеличении толщины слоя облучаемой воды количество бактерицидной энергии, обеспечивающей обеззараживание, уменьшается пропорционально его толщине. В расчет обеззараживающей дозы вводят коэффициент использования бактерицидной энергии, учитывающий ее поглощение водой. Коэффициент не должен быть менее 0,9, поскольку использование бактерицидных ламп с более низким коэффициентом не обеспечивает надежного обеззараживания воды. Использование ламп с более высоким значением коэффициента приводит к резкому увеличению габаритов бактерицидных установок, а следовательно, и их стоимости, а также затрудняет создание в них равномерного потока облучаемой воды.

Эффективность обеззараживания ультрафиолетовыми лучами не зависит от рН и температуры воды. Точный расчет технических параметров бактерицидных установок, учитывающий все основные факторы, является непременным условием успешного обеззараживания питьевой воды.

В технологии получения питьевой воды ультрафиолетовые лучи можно использовать при предварительном и заключительном обеззараживании воды. На этапе предварительного обеззараживания ультрафиолетовые лучи используются как альтернатива первичному хлорированию. Это снижает вероятность образования в воде хлорорганических соединений, уменьшает микробное загрязнение воды и поддерживает удовлетворительное санитарное состояние очистных сооружений. Для эффективного заключительного обеззараживания питьевой воды установка должна обеспечить дозу облучения не менее 16 мДж/см² для всего прошедшего объема воды. Совместное применение ультрафиолетовых лучей и хлора повышает надежность обеззараживания воды в отношении вирусов.

Положительные стороны использования ультрафиолетовых лучей - широкий спектр антимикробного действия, отсутствие опасности передозировки, сохранение органолептических свойств воды, минимальное время контакта (секунды).

Недостатками метода обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами являются зависимость бактерицидного эффекта от мутности и цветности обрабатываемой воды и отсутствие оперативного контроля эффективности. Этот метод не дает эффекта последствия, что делает возможным вторичный рост бактерий в обработанной воде.

Эффективности и надежности обеззараживания питьевой воды ультрафиолетовыми лучами можно достигнуть лишь при высокой технологической культуре: тщательной оценке качества исходной воды, правильном монтаже и эксплуатации установок.

Ионизирующее гамма-излучение оказывает выраженное бактерицидное действие. В 60-х годах прошлого века было предложено использовать его для обеззараживания питьевой воды. Под действием

гамма-излучения в процессе радиолиза воды образуются свободные радикалы, которые и оказывают губительное действие на бактериальную клетку. 90% бактерий погибает при относительно невысоких дозах облучения — 10 000-15 000 Р. Дозы порядка 25 000-50 000 Р вызывают гибель практически всех бактериальных форм. Эффективная вирулицидная доза в эксперименте составила 100 000 Р.

В установках для обеззараживания воды, по данным зарубежной литературы, можно использовать отработанные тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) атомных реакторов, что в значительной мере позволяет снизить капитальные затраты. Однако высокие требования к технике безопасности при эксплуатации установки, отсутствие эффекта последствия и способа оперативного контроля ограничивают использование этого метода в практике централизованного питьевого водоснабжения.

Вопрос о возможности обеззараживания воды ультразвуком был поставлен в середине прошлого века. Большинство исследователей объясняют бактерицидное действие ультразвука механическим разрушением бактерий, другие наряду с механическим воздействием отмечают роль химических реакций, вызванных ультразвуком. Единой теории, объясняющей бактерицидное действие ультразвука, не существует.

К преимуществам ультразвуковой обработки воды можно отнести широкий спектр антимикробного действия, отсутствие влияния на органолептические свойства воды, независимость бактерицидного эффекта от физико-химических свойств воды. Технологические основы использования ультразвука в водоподготовке не разработаны. Сдерживающим моментом остается трудность конструирования установок большой производительности, достаточной технической надежности в эксплуатации и приемлемой стоимости.

Среди перспективных физико-химических способов обеззараживания питьевой воды большой интерес представляют МЭР. Электрогидравлический эффект возникает в результате выделения большого количества энергии между электродами, помещенными в обрабатываемую воду. Высоковольтный (20-100 кВ) или низковольтный (1-10 кВ) разряд происходит за доли секунды и сопровождается мощными гидравлическими процессами с образованием ударных волн, явлений кавитации, ультрафиолетовых и ультразвуковых импульсов, магнитных и электрических полей. При этом в воде появляются свободные радикалы. С гигиенических позиций наиболее изучен процесс обеззараживания воды низковольтным МЭР (НИЭР).

Эффективность обеззараживания НИЭР не зависит от вида и концентрации микроорганизмов, мало зависит от состава обрабатываемой воды и определяется техническими параметрами процесса (величиной рабочего напряжения, суммарной плотностью энергии обработки и пр.). Энергоемкость НИЭР сопоставима с таковой при озонировании воды.

Механизм бактерицидного действия НИЭР определяется комбинированным воздействием импульсного ультрафиолетового излучения и свободных радикалов, образующихся в зоне разряда, на ферментные системы клетки. Обеззараживание питьевой воды методом ИЭР используется в системах автономного жизнеобеспечения.

22. Озонирование питьевой воды. Показания и условия проведения.

Обеззараживание воды озоном. Озон не только оказывает бактерицидное действие на патогенную микрофлору, но и способен разрушать многие присутствующие в воде источника водоснабжения химические вещества техногенного происхождения.

Озон (O_3) - газ бледно-фиолетового цвета, обладающий характерным запахом. Это один из сильнейших окислителей; он способен окислять все металлы, кроме золота и платиноидов, а также большинство неметаллов. Окисление осуществляет атомарный кислород, образующийся в воде при распаде растворенного в ней озона.

Озон на водопроводных станциях получают с помощью специальных установок (рис.2).

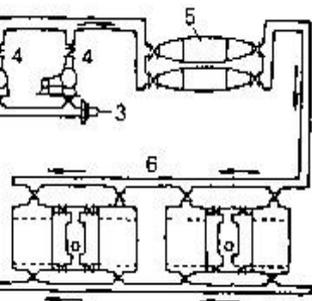


Рис. 2. Озонаторная установка.

1 - воздухоприемник; 2 - воздушный фильтр; 3 - предохранительный клапан; 4 - нагнетательные вентиляторы; 5 - охлаждаемые сушители; 6 - адсорбционные сушители; 7 - генераторы озона; 8 - направление движения осушенного воздуха; 9, 10 - соответственно ввод и выпуск охлаждающей воды; 11 - направление движения озонозооной смеси; 12 — резервуары для диффузии озона.

Главным технологическим узлом установки является озонатор. Озонатор состоит из двух электродов, между которыми находится воздушное разрядное пространство шириной 2—3 мм. Один из электродов заземлен, ко второму подведен переменный ток напряжением свыше 1000 В. Воздух, поступающий в озонаторы, предварительно очищают от пыли, освобождают от влаги и охлаждают. Подготовленная озонозооная смесь поступает в барботажные колонны, где осуществляется ее контакт с обрабатываемой водой. Время контакта, необходимое для проявления бактерицидного эффекта, около 10 мин.

Молекула озона легко разлагается на атом и молекулу кислорода. При разложении озона в воде в качестве промежуточных продуктов образуются короткоживущие свободные радикалы HO_2 , OH . Молекулярный кислород и свободные радикалы, являясь сильными окислителями, обуславливают бактерицидные свойства озона.

Обеззараживающее действие озона на вегетативные формы бактерий в 15-20 раз, а на споровые формы в 300-600 раз более выражено, чем действие хлора. Высокий вирулицидный эффект озона проявляется при реальных для практики водоподготовки концентрациях 0,5-0,8 мг/л и времени контакта 12 мин. Известна высокая эффективность озона относительно присутствующих в воде цист простейших. Наряду с бактерицидным действием озона в процессе обработки воды происходят обесцвечивание и устранение привкусов и запахов, а также деструкция высокомолекулярных органических соединений.

Механизм бактерицидного действия озона заключается в инактивации бактериальных ферментов, необратимом нарушении структуры ДНК клетки атомарным кислородом, образующимся при распаде озона.

При обработке воды озоном в ней образуются продукты озонолиза органических веществ в виде альдегидов, кетонов, низкомолекулярных карбоновых кислот; среди них наиболее актуален формальдегид. Опасность продуктов озонолиза возрастает в случае комбинации в схеме обработки воды озонирования и последующего хлорирования. При этом образуются хлорированные продукты озонолиза с мутагенными и канцерогенными свойствами.

Косвенным показателем эффективности обеззараживания воды озоном при оперативном контроле служит присутствие в воде остаточных количеств озона на уровне 0,1—0,3 мг/л после камеры смешения (барботажных колонн).

Преимущества озона перед хлором при обеззараживании воды состоят в том, что озон не образует в воде соединений, подобных хлорорганическим, улучшает органолептические свойства воды и обеспечивает бактерицидный эффект при меньшем времени контакта. Широкое внедрение озонирования в практику обработки воды сдерживается высокой энергоемкостью процесса получения озона; озонирование на порядок дороже хлорирования.

23. Специальные методы улучшения качества воды и их гигиеническое значение. Опреснение, основные методы его проведения.

В практике питьевого водоснабжения прибегают к специальным методам обработки воды с целью удаления из нее некоторых химических веществ. Наиболее распространены обезжелезивание, фторирование и дефторирование воды; в широкую практику входят различные методы опреснения. Как правило, эти методы применяют при использовании подземных источников водоснабжения. Однако обезжелезивание бывает необходимым и для воды поверхностных источников при питании из болот, а установки для опреснения позволяют использовать морскую воду.

Обезжелезивание. Железо часто содержится в природных водах. В подземных водах оно находится в виде растворов закиси, сульфидов, карбонатов и бикарбонатов, реже комплексных железоорганических соединений. Поверхностные воды содержат коллоидные или тонкодисперсные взвеси гидроксидов, сульфаты железа, комплексы сложного состава с гуминовыми соединениями.

Выбор метода, технологической схемы и сооружений для обезжелезивания зависит от вида соединений железа в обрабатываемой воде, других ее свойств (активная реакция, щелочность и т.п.), производительности установки и представляет собой сложную технологическую задачу, для решения которой

часто приходится прибегать к эксперименту в естественных условиях с водой конкретного источника водоснабжения.

Обезжелезивание подземных вод наиболее часто проводят безреагентными, аэрационными методами. В основе безреагентных методов лежит предварительная аэрация воды с целью удаления свободной углекислоты и сероводорода, повышения рН, обогащения кислородом воздуха. В результате окисления железа кислородом воздуха образуется гидроксид железа, который удаляется из воды осаждением или фильтрованием.

В состав установки по обезжелезиванию входят аэрационное устройство (градирня, вакуумно-эжекторный аппарат, брызгальный бассейн), контактный резервуар — отстойник или контактный фильтр и осветлительный фильтр. При введении в схему водопровода такого комплекса сооружений нарушается принцип герметичности в подаче воды потребителю из глубокого, защищенного источника, поэтому заключительным этапом обработки обязательно должно быть обеззараживание воды.

В последнее время получила распространение аэрация воды «в пласте», при которой окисление железа производится кислородом воздуха, нагнетаемого в водоносный пласт через буровую скважину. Существуют схемы подачи воздуха через эксплуатационную скважину или через скважины, специально пробуренные рядом с эксплуатационной. Схему выбирают на основании гидрогеологического заключения. Гигиенические требования к такому способу обезжелезивания питьевой воды заключаются в обеспечении чистоты атмосферного воздуха, нагнетаемого в скважину.

Обезжелезивание поверхностных вод осуществляют реагентными методами. В качестве реагентов используют сульфат алюминия, известь и хлор. Выбор реагента зависит от данных технологического анализа воды. Схема сооружений для реагентного обезжелезивания в принципе не отличается от схемы осветления с использованием коагуляции.

Фторирование. Фторирование воды было предложено как эффективное средство снижения заболеваемости кариесом зубов. Установлена определенная количественная зависимость между концентрацией фтор-иона в воде и заболеваемостью кариесом зубов (разрушением твердых тканей). На развитие кариеса влияют климатические условия (ультрафиолетовые лучи) и характер питания (достаточное количество молока, витаминов, микроэлементов). В связи с этим единой оптимальной концентрации фтора в питьевой воде установить нельзя. При решении этого вопроса исходят из уровня заболеваемости кариесом в районе, обслуживаемом водопроводом, и из требований СанПиН «Питьевая вода» о предельной концентрации фтора в зависимости от климатического района. Для оценки противокариозной активности фторированной воды следует изучать пораженность детского населения кариесом в течение 10 лет после введения фторирования. В 2—3 школах ежегодно в одно и то же время года обследуют детей на пораженность кариесом. Если эффективность фторирования невелика, а флюороз не обнаруживается, можно несколько увеличить концентрацию фтора в питьевой воде. Если при снижении пораженности кариесом флюороз I степени наблюдается более чем в 10% случаев или имеются случаи флюороза II степени, концентрацию фтора в воде следует несколько снизить.

К реагентам для фторирования воды предъявляются следующие требования: высокое противокариозное действие при меньшей потенциальной токсичности, отсутствие ядовитых примесей (мышьяк, соли тяжелых металлов), хорошая растворимость в воде, безопасность для персонала (малое пыление), возможно низкая коррозионная активность по отношению к металлам. Наибольшее распространение в нашей стране получили фторид натрия, кремнефтористая кислота.

Фтор образует с алюминием коагулянта комплексные соединения, не обладающие противокариозной активностью, поэтому фторреагенты целесообразно добавлять после фильтров, перед резервуарами чистой воды. При текущем санитарном надзоре следует обращать внимание на точность дозировки фторсодержащего реагента. Колебания концентрации фтор-иона при подаче воды в сеть не должны превышать 10%. Желательно, чтобы контроль содержания фтор-иона в воде был автоматизирован. Операции с фторсодержащими реагентами в целях охраны здоровья персонала должны быть максимально герметизированы и механизированы.

Для **дефторирования** питьевой воды предложено много методов, которые можно разделить на реагентные (методы осаждения) и фильтрационные. Реагентные методы основаны на сорбции фтора свежесоажденными гидроксидами алюминия или магния. Этот метод рекомендуется при обработке поверхностных вод, когда, кроме дефторирования, требуются еще осветление и обесцвечивание. Технологическая схема состоит из вертикального смесителя, осветлителя со слоем взвешенного осадка и скорого фильтра.

Наиболее эффективна фильтрация воды через слой активированного оксида алюминия, играющего роль анионита. Регенерация фильтра производится 1 — 1,5% раствором сульфата алюминия. Этим методом удается снизить содержание фтора до концентрации менее 1 мг/л.

Использовать воду с высоким содержанием фторидов можно и без дефторирования. Если на территории водозабора наряду с водоносными горизонтами с высокой концентрацией фтора есть пласты, содержащие воду с его низкой концентрацией, воду обоих источников смешивают в пропорциях, обеспечивающих требования СанПиН к содержанию фтора.

Опреснение. В связи с необходимостью хозяйственного освоения территорий, не имеющих источников пресной воды, опреснение становится все более актуальной санитарно-технической проблемой. Широкому применению опреснения препятствовали его высокая энергоемкость и дороговизна. Однако развитие энергетики, особенно атомной, и совершенствование методов опреснения позволили снизить стоимость обработки воды до уровня, позволяющего применять опреснение в масштабах большого города. Наиболее распространенными методами опреснения воды на коммунальных водопроводах являются *дистилляция, ионный обмен, электродиализ и гиперфльтрация.*

Метод дистилляции основан на выпаривании воды с последующей конденсацией. Дистилляция экономически целесообразна при содержании солей в исходной воде выше 8 мг/л.

Недостатками дистилляции являются плохие органолептические свойства воды вследствие поступления в нее продуктов термического разложения органических веществ и низкая минерализация.

Привкусы и запахи устраняют путем фильтрования дистиллята через активированный березовый уголь. Для оптимизации минерального состава к дистилляту добавляют определенное количество необработанной воды либо пропускают дистиллят, предварительно насыщенный углекислотой, через мраморную крошку или доломит; при этом вода насыщается солями кальция.

При опреснении воды **ионообменным методом** ее последовательно пропускают через Н-катионитовые и ОН-анионитовые фильтры. Ионообменный метод рентабелен для солоноватых вод (до 3 г/л) и на установках невысокой производительности. Ионообменные смолы должны быть изучены в токсиколого-гигиеническом плане и официально разрешены Минздравом России для применения в питьевом водоснабжении.

Метод электролиза основан на том, что при пропускании постоянного тока через воду положительно заряженные катионы растворенных в ней солей движутся к погруженному в опресняемую воду катоду, а отрицательно заряженные — к аноду. Если емкость, через которую пропускают ток, разделить селективно проницаемыми для катионов и анионов мембранами на 3 части: анодную, катодную и среднюю (рабочую), то постепенно большая часть катионов будет перенесена электрическим током в катодное, анионов — в анодное пространство, а вода в рабочем пространстве опреснится. Отечественная промышленность выпускает электродиализные установки производительностью от 12 до 1000 м³/сут.

Гиперфльтрацией называют процесс фильтрования воды через полупроницаемые мембраны, задерживающие гидратированные ионы солей и молекулы органических соединений. Гиперфльтрационная мембрана должна быть достаточно прочной, чтобы выдержать значительную нагрузку при прохождении через нее воды. По форме мембраны бывают листовые и трубчатые. Гиперфльтрационный аппарат представляет собой набор мембранных элементов и приспособлений, обеспечивающих их работу. Блочная конструкция аппарата позволяет быстро производить монтаж и замену вышедших из строя элементов.

24. Безреагентные методы осветления питьевой воды. Виды установок, их устройство и принципы работы.

Осветление и обесцвечивание. **Осветление** является основным технологическим процессом улучшения органолептических свойств воды. Оно заключается в освобождении воды от взвешенных веществ, определяющих мутность воды. Взвешенные в воде вещества различаются по плотности и размерам составляющих их частиц, от которых зависит скорость их выпадения в осадок. Скорость выпадения частиц взвеси при температуре воды 10 °С носит название *гидравлической постоянной* частиц.

Большие различия гидравлической постоянной предполагают использование разных методов освобождения воды от тех или иных фракций взвеси. Традиционными методами осветления воды, *механическим отстаиванием* и *фльтрацией*, удастся задержать взвешенные частицы более 0,001 мм. Для удаления из воды коллоидов необходимо предварительное разрушение их структуры методом *коагуляции*.

Коагуляцией называется процесс укрупнения, агрегации коллоидных и тонкодисперсных примесей воды вследствие их взаимного слипания под действием сил молекулярного притяжения.

Коагуляция примесей воды позволяет ускорить осветление и обесцвечивание. Коагуляция происходит под влиянием химических реагентов - коагулянтов, которые либо нарушают агрегативную устойчивость примесей воды, либо образуют коллоиды, сорбирующие примеси воды. В качестве коагулянтов чаще всего используют соли алюминия или железа.

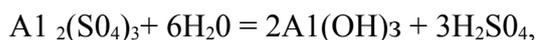
В практике водоподготовки известны два вида коагуляции — коагуляция в толще зернистой загрузки фильтра (контактная коагуляция) и коагуляция, происходящая в камерах хлопьеобразования (коагуляция в свободном объеме).

Механизм контактной коагуляции — нарушение агрегативной устойчивости коллоидных примесей воды в результате устранения или снижения до очень малых значений заряда мицеллы. При добавлении к обрабатываемой воде коагулянта, например сульфата алюминия, происходит его гидролиз с образованием трехвалентного иона алюминия:

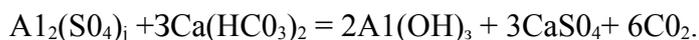


Ионы алюминия нейтрализуют заряд коллоидных частиц примесей воды и тем самым нарушают их агрегативную устойчивость. Лишенные устойчивости коллоидные частицы, проходя с потоком воды через фильтр (контактный осветлитель), адсорбируются на поверхности частиц зернистой загрузки фильтра под влиянием сил межмолекулярного взаимодействия. Это приводит к осветлению и обесцвечиванию воды.

Механизм коагуляции в свободном объеме имеет иной характер. Так же как и при контактной коагуляции, введение в обрабатываемую воду сульфата алюминия обуславливает нейтрализацию заряда природных коллоидов воды и снижение их агрегативной устойчивости. Этот процесс протекает очень быстро и заканчивается при установлении равновесия между катионами коагулянта и мицеллами природных коллоидов. После этого начинается образование гидроксида алюминия как в результате гидролиза:



так и путем взаимодействия коагулянта с присутствующими в воде карбонатами и бикарбонатами (резервная щелочность воды):



Гидроксид алюминия имеет коллоидную структуру (золь), вследствие чего обладает развитой поверхностью, сорбирующей примеси воды, в том числе природные коллоиды, потерявшие агрегативную устойчивость.

Гидролиз коагулянта является обратимой реакцией, и на его полноту влияет активная реакция воды. Понижение pH подавляет гидролиз солей слабых оснований, каким является сульфат алюминия. При повышении pH образуется отрицательно заряженный алюминат-ион $[\text{AlO}_2]^-$, не приводящий к коагуляции. Приемлемое для гидролиза значение pH 4,3-7,6, оптимальное - 5,5-6,5.

На эффективность коагуляции влияют также количество грубой взвеси, частицы которой служат своеобразными «ядрами коагуляции», интенсивность перемешивания, температура воды.

Очевидно, что для вод различного состава нужны разные дозы коагулянта. Предварительный расчет оптимальной дозы производят с учетом щелочности и цветности обрабатываемой воды. Однако сложность физико-химических процессов, приводящих к коагуляции, заставляет уточнять предварительно рассчитанную дозу *опытным путем*.

Для ускорения коагуляции и интенсификации работы очистных сооружений применяют так называемые *флоккулянты* — высокомолекулярные синтетические соединения. Различают флоккулянты анионного (полиакриламид, К-4, К-6, активированная кремниевая кислота) и катионного (например, ВА-2) типа. Применение флоккулянтов анионного типа требует предварительной обработки воды коагулянтом, использование катионных флоккулянтов — предварительного введения коагулянта не предполагает. Флоккулянты позволяют ускорить коагуляцию, увеличить скорость движения воды в отстойниках, уменьшить время отстаивания путем увеличения скорости осаждения хлопьев, повысить скорость фильтрования и продолжительность фильтроцикла.

Ассортимент веществ с флоккулирующими свойствами постоянно расширяется. Для применения в централизованном питьевом водоснабжении допускаются лишь флоккулянты, прошедшие гигиеническую апробацию и имеющие нормированные ПДК.

В составе сооружений для коагуляции в свободном объеме должны быть дозатор, смеситель и камера хлопьеобразования. Назначение сооружений ясно из их названия. Существует множество конструкций, различающихся материалоемкостью, сложностью монтажа и эксплуатации, эффективностью работы и производительностью.

Коагуляция только подготавливает воду для дальнейшей обработки — осветления и обесцвечивания и в этом смысле не является самостоятельным процессом. В ряде случаев в схеме подготовки питьевой воды коагуляцию не обозначают.

Первым этапом осветления водопроводной воды, прошедшей или не прошедшей коагуляцию, является осаждение взвешенных веществ в *отстойниках*. В отстойнике движение воды замедлено при увеличении сечения потока. Осаждением удается удалить из воды грубодисперсные примеси (частицы размером до 0,01 мм). В зависимости от направления движения воды различают горизонтальные и вертикальные отстойники.

Горизонтальный отстойник (рис. 2) представляет собой прямоугольный, вытянутый в направлении движения воды резервуар, снабженный приспособлениями для сообщения воде ламинарного течения. Дно горизонтального отстойника имеет наклон в сторону входной части, где находится приямок для сбора осадка. Осветляемая вода поступает через водосливной лоток и далее через дырчатую перегородку с одной из торцовых сторон отстойника, а выходит с другой торцовой стороны также через дырчатую перегородку и затем

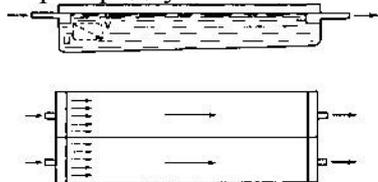


Рис. 2. Горизонтальный отстойник.

U — гидравлическая постоянная, V — скорость потока.

через лоток. Обычно отстойник разбивают на ряд параллельно работающих коридоров шириной не более 6 м. Горизонтальные отстойники применяют на станциях водоподготовки производительностью 30 000 м³/сут и более.

Перспективным методом интенсификации осаждения примесей воды является отстаивание в тонком слое. Этот прием используют в *отстойниках с тонкослойными модулями*. Тонкослойный модуль представляет собой блок из металла, напоминающий пчелиные соты, размером 1х1,5 м. Соты имеют сечение 0,15х0,005 м, длина канала 1,2-1,5 м. Тонкослойный модуль помещается в зоне осаждения горизонтального отстойника под углом до 40° к горизонтали. Производительность отстойника с тонкослойным модулем возрастает пропорционально внесенной площади пластин модуля.

Вертикальный отстойник (рис. 3) — резервуар конической или пирамидальной формы. В центре резервуара помещается металлическая труба, в верхнюю часть которой поступает осветляемая вода. При включении в схему обработки воды процесса коагуляции центральная труба служит камерой хлопьеобразования. Пройдя ее сверху вниз, осветляемая вода поступает в зону осаждения, которую проходит по всему ее сечению снизу вверх с небольшой скоростью.

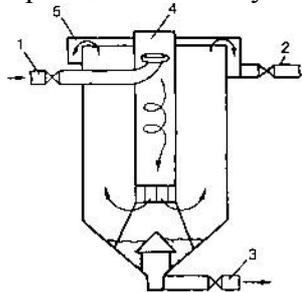


Рис. 3. Вертикальный отстойник.

1, 2 - соответственно подача сырой и отвод обработанной воды; 3 - сброс осадка, 4 — камера хлопьеобразования, 5 — кольцевой сборный лоток.

Осветленная вода переливается через борт отстойника в круговой желоб. Осадок, накапливающийся в нижней части отстойника, периодически (1-2 раза в сутки) удаляют без выключения отстойника из работы, открывая задвижку на выпускной трубе. Скорость восходящего потока воды в вертикальном отстойнике определяется по данным лабораторного эксперимента с водой источника или по данным эксплуатации отстойников, работающих в аналогичных условиях; обычно она составляет 0,4-0,6 мм/с. Преимуществом вертикальных отстойников является малая площадь; их рекомендуется применять на водопроводах небольшой производительности (до 3000 м³/сут).

Осветление коагулированной воды происходит значительно интенсивнее, если осветляемая вода проходит через слой ранее образованного осадка, находящегося во взвешенном состоянии. Контакт воды с осадком способствует получению более крупных и плотных хлопьев, чем в отстойниках, резко улучшает гидравлическую характеристику взвеси. Это свойство взвешенного осадка было использовано отечественными инженерами для разработки принципиально новых типов водоочистных сооружений — *осветлителей с взвешенным осадком*. В таких осветлителях процесс осветления происходит значительно быстрее, снижается расход коагулянта. Осветлители в настоящее время успешно вытесняют отстойники, особенно при осветлении мутных вод с концентрацией взвешенных веществ от 500 до 5000 мг/л. Известно несколько конструкций осветлителей с взвешенным осадком, но все они дают примерно одинаковое качество осветляемой воды. При правильно выбранных сооружениях для осаждения взвешенных веществ их содержание в обработанной воде составляет 8—12 мг/л.

Остаточная взвесь представлена в основном тонкодисперсными суспензиями минеральных веществ, бактериями и вирусами.

Несмотря на высокую *техническую эффективность* осаждения (процент удаления взвеси), такая вода не соответствует гигиеническим требованиям или, другими словами, отстойники и осветлители не могут дать достаточно *гигиенически эффективную* очистку (достижение уровня гигиенических требований). В связи с этим следующим этапом осветления воды на водопроводе становится ее фильтрование через фильтры с зернистой загрузкой. Фильтры разделяют по скорости фильтрования на медленные (0,1–0,3 м/ч) и скорые (5–10 м/ч), по направлению фильтрующего потока — на одно- и двухпоточные, по числу фильтрующих слоев — на одно- и двухслойные.

Фильтр с зернистой загрузкой представляет собой железобетонный резервуар, заполненный фильтрующим материалом в два слоя (поддерживающий и фильтрующий). Фильтрующий слой выполняют из отсортированного материала достаточной механической прочности (кварцевый песок, антрацитовая крошка, керамзит, шунгизит, дробленый мрамор). Новые фильтрующие материалы проходят санитарную экспертизу, в ходе которой устанавливаются их состав, а также скорость и степень вымываемости отдельных элементов, особенно тяжелых металлов.

Поддерживающий слой служит для того, чтобы мелкий фильтрующий материал не уносился вместе с фильтруемой водой через отверстия распределительной системы. Он состоит из слоев гравия или щебня разной крупности, постепенно увеличивающейся сверху вниз от 2 до 40 мм. Распределительная система фильтра состоит из труб с отверстиями разной формы и размера. Ее назначение — сбор и отвод профильтрованной воды без выноса зерен фильтрующего материала, а также равномерное распределение воды по площади фильтра при его промывке.

Фильтрование воды осуществляют двумя принципиально разными методами. Пленочное фильтрование предполагает образование пленки из ранее задержанных примесей воды в верхнем слое фильтрующей загрузки. Вследствие механического осаждения частиц взвеси и их прилипания к поверхности зерен загрузки уменьшается размер пор. Затем на поверхности песка развиваются водоросли, бактерии и пр., дающие начало илистому осадку, состоящему из минеральных и органических веществ (биологическая пленка). Образованию пленки способствуют малая скорость фильтрации, большая мутность воды, значительное содержание фитопланктона. Толщина пленки достигает 0,5–1 мм и более.

Биологическая пленка играет решающую роль в работе так называемых *медленных фильтров*. Помимо задерживания мельчайшей взвеси, пленка задерживает бактерии (уменьшая их количество на 95—99%), обеспечивает снижение окисляемости (на 20—45%) и цветности (на 20%). Постепенное утолщение пленки вызывает сопротивление фильтрованию — так называемую *потерю напора*, что требует периодической чистки медленного фильтра (снятие с его поверхности пленки и верхнего слоя песка). Медленные фильтры, простые в устройстве и эксплуатации, были первыми очистными сооружениями городских водопроводов в начале XIX века. В дальнейшем в связи с ростом водопотребления и мощностей водопроводов они уступили место скорым фильтрам, преимуществами которых являются большая производительность и меньшая площадь. С развитием централизованного водоснабжения в сельской местности роль медленных фильтров как простых и надежных сооружений для подготовки питьевой воды возрастает. Медленные фильтры сооружают с фильтрующим слоем кварцевого песка высотой 800—850 мм и поддерживающим слоем гравия или щебня высотой 400–450 мм. Фильтр вручную очищают через 10–30 сут, снимая верхний слой песка толщиной 15–20 мм и подсыпая свежий. В течение нескольких дней после очистки фильтра до образования биологической пленки фильтрат идет на сброс.

Объемное фильтрование, осуществляемое на *скорых фильтрах*, является физико-химическим процессом. При объемном фильтровании механические примеси проникают в толщу фильтрующей загрузки и адсорбируются под действием сил молекулярного притяжения на поверхности ее зерен и

ранее прилипших частиц. Чем больше скорость фильтрования и чем крупнее зерна загрузки, тем глубже проникают в ее толщу загрязнения и тем равномернее они распределяются.

В результате уменьшения размера пор возрастает сопротивление загрузки при фильтровании, происходит потеря напора. Время от начала работы фильтра до достижения предельной потери напора, при которой фильтр должен быть выключен на промывку, называется *временем фильтроцикла*, или *фильтроциклом*. Время, в течение которого фильтр выдает воду надлежащего качества, называется временем защитного действия загрузки. Темп потери напора и качество фильтрата, как это видно на рис. 4, непропорциональны. Для санитарной надежности фильтра необходимо так подбирать режим его работы и параметры загрузки, чтобы время фильтроцикла было меньше времени защитного действия загрузки. В практике питьевого водоснабжения их соотношение должно быть примерно 1:0,8.

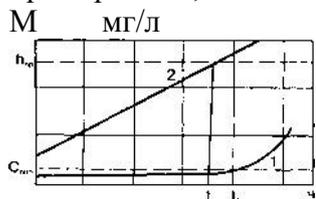


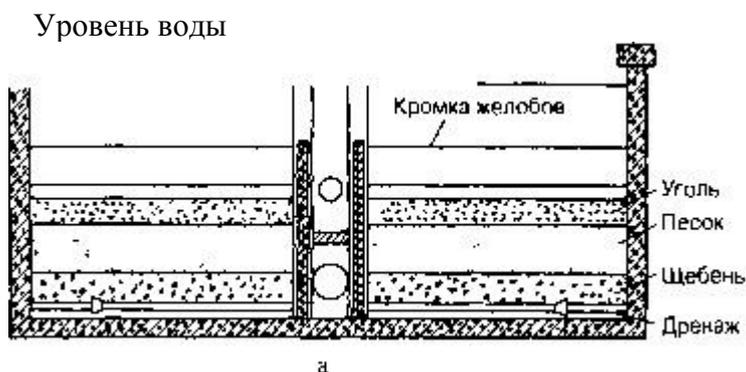
Рис. 4. Зависимость качества фильтрата от сопротивления фильтрующей загрузки.

$h_{пр}$ - предельная потеря напора; $C_{доп}$ - концентрация взвешенных веществ, допустимая в обработанной воде; t_3 - время защитного действия загрузки; t_n - время достижения предельной потери напора. 1 - концентрация взвешенных веществ в обработанной воде; 2 - потеря напора фильтрации.

Для нормальной работы фильтра важно, чтобы скорость фильтрования была постоянной в течение всего фильтроцикла, т.е. не уменьшалась по мере загрязнения фильтра. С этой целью на трубопроводе, отводящем фильтрованную воду, устанавливают автоматически работающие регуляторы скорости фильтрации, благодаря которым через фильтр проходит все время постоянное количество воды.

Устройство скорого фильтра показано на рис. 5.5. Коагулированная и прошедшая отстойник или осветлитель вода 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 фильтрующий и поддерживающий слой и через распределительную систему направляется в резервуар чистой воды. По окончании фильтроцикла производится промывка фильтра.

Промывку производят обратным током чистой профильтрованной воды путем ее подачи под необходимым напором в распределительную систему. Промывная вода, проходя с большой скоростью (в 7—10 раз больше скорости фильтрования) через фильтрующую загрузку снизу вверх, поднимает и взвешивает ее. Зерна расширившейся загрузки хаотично двигаются, ударяются друг о друга, сорбированные на них загрязнения попадают в промывную воду, которая вместе с загрязнениями переливается через кромки сборных желобов, расположенных над поверхностью фильтрующей загрузки, и отводится по ним в водосток. Продолжительность промывки скорых фильтров 5—7 мин. Количество промывной воды зависит от типа загрузки и колеблется от 12 до 18 л/(с м²).



Желоба для сброса промывной воды

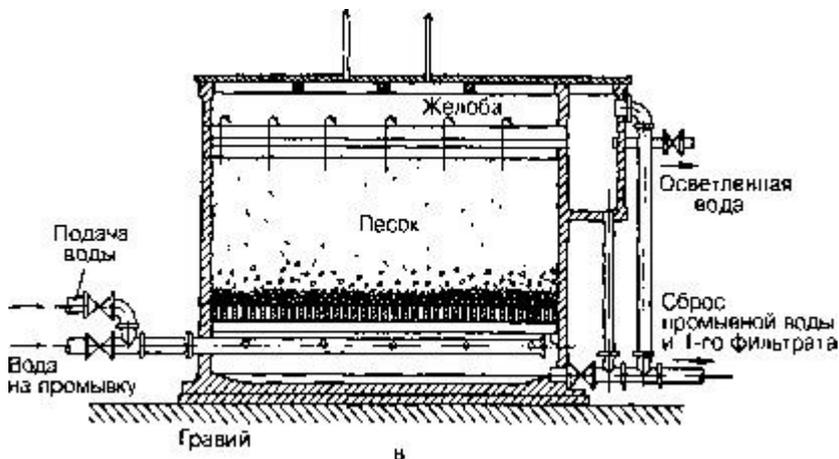
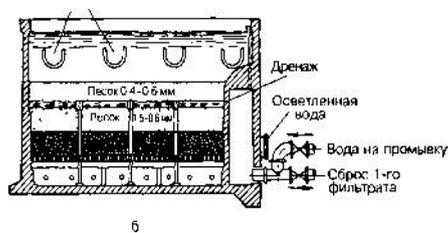


Рис. 5. Скорые фильтры
 а - двухслойный фильтр, б - двухпоточный фильтр, в - контактный осветлитель

С целью ускорения фильтрации при конструировании новых фильтров повышают их грязеемкость, под которой понимают массу загрязнений в килограммах, задержанных 1 м^3 фильтрующей загрузки фильтра в течение фильтроцикла. К числу фильтров с повышенной грязеемкостью относятся фильтры с двухслойной загрузкой, двухпоточные фильтры системы АКХ и двухпоточные фильтры ДДФ.

В *фильтрах с двухслойной загрузкой* (см рис 5, а) над слоем песка 0,4—0,5 м насыпают слой дробленого 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 обычного скорого фильтра. Плотность антрацита (керамзита) меньше плотности песка, поэтому после промывки фильтра послойное расположение загрузки восстанавливается самостоятельно. Скорость фильтрации в двухслойном фильтре 10-12 м/ч, что в 2 раза больше, чем в скором.

Принцип работы *двухпоточных фильтров АКХ* (см рис 5, б) заключается в том, что основная масса воды (70%) фильтруется снизу вверх, а меньшая часть (30%), как и в обычных фильтрах, - сверху вниз. Благодаря этому основная масса загрязнений задерживается в нижней наиболее крупнозернистой части фильтра, имеющей большую грязеемкость. Толщина фильтрующего слоя в фильтре АКХ 1,45—1,65 м. На глубине 0,5—0,6 м от поверхности фильтрующей загрузки устанавливается трубчатый дренаж, через который отводится профильтрованная вода.

При промывке фильтра АКХ сначала в течение 1 мин подают промывную воду в дренажное устройство 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 желобе и отводится в водосток. Фильтры ДДФ конструктивно отличаются от фильтров АКХ двухслойной загрузкой (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 м^2 поверхности в 2 раза. В практике водоподготовки с целью интенсификации работы очистных сооружений используется коагуляция в зернистой загрузке скорых фильтров (контактная коагуляция), описанная выше. Контактная коагуляция особенно эффективна при смешивании коагулянта с обрабатываемой водой непосредственно перед ее введением в зернистую загрузку. При этом расход коагулянта снижается на 20%. Температура воды не влияет на контактную коагуляцию, хотя имеет большое значение при коагуляции в свободном объеме. Применение контактной коагуляции целесообразно при низких концентрациях взвеси в воде и отсутствии щелочного резерва. Сооружения, в которых используется метод контактной коагуляции, называются *контактными осветлителями* (см. рис. 5, в).

Для контактных осветлителей не нужно строить камеры хлопьеобразования и отстойники, что позволяет уменьшить объем сооружений в 4-5 раз и сократить капитальные затраты. Раствор коагулянта вводят в воду перед ее подачей на фильтрацию.

Вода фильтруется в направлении убывающей крупности зерен, снизу вверх, благодаря чему основная часть загрязнений задерживается в нижних крупнозернистых слоях. Большая высота загрузки увеличивает продолжительность фильтроцикла до 8 ч. Расчетная скорость фильтрования 5—6 м/ч. Скорость фильтрации на контактном осветлителе КФ-5 составляет 20 м/ч. Контактные осветлители удовлетворительно работают при осветлении воды, содержащей не более 150 мг/л взвешенных веществ (включая образующиеся вследствие коагулирования) и при цветности до 150 градусов.

В контактных осветлителях, в отличие от фильтров, осветленная вода находится над фильтрующей загрузкой, поэтому зеркало воды должно быть изолировано от помещения управления осветлителями. Этой цели служит остекленная перегородка на всю высоту помещения.

Очистные сооружения водопровода для осветления и обесцвечивания воды способны, кроме того, задержать до 90% находящихся в воде бактерий и вирусов. После осветления и обесцвечивания с помощью физических и физико-химических методов вода по органолептическим свойствам и химическому составу должна соответствовать нормативам питьевой воды, но для достижения эпидемической безопасности необходимо обеззараживание.

25. Обезжелезивание питьевой воды. Показания и технические условия проведения на водопроводах из подземных источников. (см. п. 23)

26. Фторирование и обесфторивание питьевой воды. Показание и условия их проведения на водопроводах. (см. п. 23)

27. Методы и условия подготовки питьевой воды на Минской станции водоочистки.

Вода из артезианских источников подается потребителям без очистки и, как правило, без обеззараживания. Хлорируют ее лишь летом, в качестве профилактики. Вода же из поверхностного источника (Вилейско-Минской водной системы) проходит полный цикл очистки.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение города Минска осуществляется из подземных и поверхностных источников.

Современная система водоснабжения г. Минска включает в себя 11 станций водозабора артезианских источников, расположенных как в черте города, так и за его пределами и одну станцию подающую воду из открытого (поверхностного) водоисточника. Водозаборы подземных вод включают в свой состав группы скважин подающих воду по сборным водоводам в резервуары чистой воды. Из резервуаров вода с помощью насосов станции 2-го подъема направляется под напором в городскую водопроводную сеть. В системе водоснабжения города имеются также станции 3-го подъема, которые подают воду в дома повышенной этажности или к потребителям, которые находятся на возвышенной местности.

Сегодня на Минской очистной водопроводной станции ежедневно расходуют около двух тонн хлора для обезвреживания воды из поверхностных источников. На станции вода проходит многоступенчатый цикл обработки. Здесь установлено современное оборудование с автоматическим дозированием вводимого хлора. В Беларуси только Минск и Гомель имеют поверхностные источники водоснабжения, остальные города обеспечены питьевой водой из артезианских скважин.

Там в первую очередь проводится **коагулирование воды** для осаждения планктона и других взвешенных частиц. В качестве коагулянта используется оксихлорид алюминия. Затем **вода отстаивается 2-2,5 часов** в огромных резервуарах, пока коагулянт осаждаст в виде хлопьев взвешенные частицы, и затем **фильтруется**.

Основной фильтрующий компонент — кварцевый песок или гранитный отсев (мелко дробленый до фракции песка гранит). При огромном объеме воды применять дорогие материалы бытовых фильтров типа активированного угля, ионообменной смолы, мембран, работающих по принципу обратного осмоса, невозможно.

Дальше вода **озонируется** озоно-воздушной смесью для окисления и частичного обеззараживания. Эту технологию в Минске используют с 1978 года.

Для гарантированного уничтожения микробов вода из открытого источника в обязательном порядке **хлорируется**. То есть, обрабатывается газообразным хлором. Можно сколько угодно рассуждать о вреде хлорирования, но по действующим санитарным стандартам на выходе в питьевой воде должно быть остаточное содержание хлора — он действует как консерватор, предотвращающий появление микробов на пути к потребителю по водопроводным сетям.

Такие технологии как **кварцевание воды** пока в мире мало распространены — в больших объемах проточную воду обеззараживать кварцеванием очень сложно. Для этого приходится строить бассейн с погруженными в него кварцевыми лампами. Недавно такой метод стали использовать в Санкт-Петербурге, где вся питьевая вода берется из открытых источников.

Кроме того, с прошлого года действует установка **углевания**, которая улучшает органолептические показатели воды в случаях негативных природных факторов, как, например, появления сине-зеленых водорослей.

Дальше очищенная от механических примесей и обеззараженная вода поступает в городскую водопроводную сеть. Из-за содержания остаточного хлора, а также из-за меньшей насыщенности минеральными солями, вода из поверхностного водозабора по вкусовым качествам уступает подземной. Однако, благодаря мягкости, в такой воде лучше стирать одежду. При приобретении картриджа для домашнего фильтра это следует учитывать.

ВООБЩЕМ на станции аэрации используется специальный илл с микроорганизмами.
а на станции водочистки - кварцевый песок+озонирование+углевание+хлорирование и тп
аэрации - в шабанах(на востоке города). водочистки - в сухарево (на западе).

28. Гигиеническая характеристика схем водопровода из подземных водоисточников.

Характеристика основных сооружений.

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**.

Основные составляющие водопровода:

- 1) источник водоснабжения (подземный или поверхностный);
 - 2) водозаборные сооружения;
 - 3) водоподъемные сооружения (насосная станция I подъема);
 - 4) очистные сооружения (специальные методы обработки+сооружения для обеззараживания(II-III кл воды), сооружения для осветления+обесцвечивания(III кл.)
 - 5) сооружения для накопления запасов воды(резервуары)
 - 6) насосная станция II подъема
 - 7) сооружения для доставки и распределения воды (водоводы, водопроводная сеть, водоразборные сооружения на сети).
- А). Если повышено Fe, H₂S, F⁻ — требует спец методов обработки (обезжелез., дегазация, дефторирование).
- Б). После спец. Обработки требуется > обеззараживать.

В). Повышенная мутность, цветность > осветления+обесцвечивание (Шкл. воды)

Водозабор из подземных источников производится через буровые скважины и шахтные колодцы и каптажи.

Буровые скважины представляют собой цилиндрические вертикальные каналы, проходящие через толщу земли до намеченного к эксплуатации водоносного горизонта. Скважины для добычи воды бурят ударным (колонковым) или вращательным (роторным) способом. При ударном бурении породу разрушают ударами долота о забой, а разрушенная порода вычерпывается и извлекается желонкой. При роторном бурении породу разрушают снарядами, вращающимися в забое, а удаляют вымыванием глинистым раствором под давлением. Глинистый раствор готовится из чистых глины и воды, с добавлением хлорной извести для дезинфекции и повышения пластичности глинистой массы. Правильная конструкция скважины имеет большое значение для ее эксплуатационной и санитарной надежности, позволяет увеличить сроки ее службы и сохранить качество воды. Стенки скважин для предохранения от обрушения и изоляции от водоносных горизонтов, расположенных выше эксплуатируемого, закрепляют колоннами *обсадных труб* (как правило, стальных). При оборудовании буровой скважины необходимо соблюдать ряд требований, обеспечивающих ее герметичность, с целью сохранения качества исходной воды, которое очень часто соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде

Схема водозаборной скважины приведена на рис 1

В скважине различают водоприемную часть (ствол) и верхнюю, выходную, часть (устье), соединяющуюся с водопроводом через оголовок. Устье скважины располагается в специальной подземной шахте или наземном павильоне для предохранения от замерзания. Оно должно быть герметически соединено с оголовком скважины при помощи фланцев с резиновыми прокладками и доступно осмотру. При расположении скважины в шахте последняя должна быть защищена от поступления почвенной воды, сверху иметь бетонную или асфальтовую отмостку и герметичную крышку. Первая (наружная) колонна обсадных труб, называемая кондуктором, служит для защиты устьевой части скважины от размыва и обрушения. Она опускается до верхнего уровня первого водоносного горизонта. Вторая колонна обсадных труб, меньшего диаметра, проходит верхний водоносный горизонт и залавливается (фрезеруется) в водоупорный слой. При залегании эксплуатируемого горизонта на большой глубине скважину проходят несколькими колоннами обсадных труб. Диаметр внутренней, эксплуатационной, колонны, определяется габаритами фильтра и насоса первого подъема. Для улучшения герметичности скважины вышележащие водоносные горизонты должны быть пройдены не менее чем двумя колоннами обсадных труб. Межтрубные и затрубные пространства заливают цементным раствором под давлением.

Если скважина пробурена роторным способом, то ствол скважины закрепляется одной колонной труб, опущенной в породы намеченного к эксплуатации водоносного горизонта. В этом случае разъединение водоносных горизонтов достигается цементацией затрубного пространства с выдавливанием цементного раствора от башмака (нижней части) обсадной трубы до поверхности земли. Образующий таким образом вокруг обсадной трубы «цементный стакан» служит хорошей антикоррозионной защитой. После окончания бурения скважины производят так называемую строительную откачку. При этом обсадные трубы промываются от железа, глинистых частиц и внесенных при бурении загрязнений. Продолжительность откачки определяется местными гидрогеологическими условиями и колеблется от нескольких суток до месяца и более.

Способ подъема воды из скважин зависит от уровня воды в них. При динамическом уровне до 7 м от поверхности земли возможно применение *центробежных насосов на горизонтальном валу*. Если динамический уровень воды устанавливается на глубине до 120 м, используют *центробежные насосы на вертикальном валу*, устанавливаемые над скважиной. Для подъема воды из глубоких скважин широкое применение находят *погружные центробежные электрические насосы*, удовлетворяющие всем гигиеническим требованиям. Погружной насос представляет собой единый блок, состоящий из электродвигателя и нескольких камер с лопастными колесами. Он опускается на эксплуатационной трубе до погружения в воду эксплуатируемого горизонта. Погружные насосы способны поднять воду с глубины до 500 м.

29. Зоны санитарной охраны подземных источников водоснабжения. Их назначение и принципы расчета границ.

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.

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 — охватывают территорию, предназначенную для охраны от загрязнения источника водоснабжения.

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 групп 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 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.

Граница второго пояса ЗСО определяют расчетами, учитывающими время продвижения микробного загрязнения воды (T_m) до водозабора, принимаемое в зависимости от климатических районов и гидрогеологических условий (защищенности подземных вод) от 100 до 400 суток. Территория Республики Беларусь относится ко II Б климатическому району.

Время T_m продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору является основным параметром, определяющим расстояние от границ 2-го пояса ЗСО до водозабора и обеспечивающим эпидемическую и гигиеническую надежность границ ЗСО. Для эффективной защиты подземного источника водоснабжения от микробного загрязнения необходимо, чтобы расчетное время T_m продвижения загрязнения с подземными водами от границ 2-го пояса до водозабора было достаточным для утраты жизнеспособности и вирулентности патогенных микроорганизмов.

Так, по одной из методик, учитывающей наличие гидравлической связи с поверхностными водоисточниками, расчет основан на определении времени T_m по следующим гидрогеологическим и гидродинамическим показателям, определяющим скорость движения потока подземных вод:

Q - суммарный дебит водозабора в м³/сутки,

h - мощность водоносного горизонта в метрах,

K - коэффициент фильтрации в м/сутки,

М - активная пористость (для рыхлых пород – 0,15, для скальных – 0,03 и 0,015),

i - уклон естественного потока в районе водозабора (до ввода водозабора эксплуатацию).

$q=K \cdot h \cdot i$ - единичный расход естественного потока в м²/сут.

На основании данных параметров рассчитывают два обобщенных показателя:

$$A = \frac{Q}{h} \quad \text{и} \quad B = \frac{K \cdot h \cdot i}{Q}$$

Далее по рассчитанным значениям обобщенных показателей А и В с учетом активной пористости породы (М) по специальным таблицам (приложения 1 и 2) определяют следующие границы 2-го пояса:

R - расстояние от места водозабора до границы пояса по направлению течения грунтовых вод,

r – расстояние от места водозабора до границы пояса против направления течения грунтовых вод,

d – расстояние от места водозабора до границы пояса по перпендикулярному к направлению течения грунтовых вод (боковая граница).

При определении границ третьего пояса ЗСО расчетными методами, учитывающими время продвижения химического загрязнения воды (Тх) до водозабора, которое должно быть больше принятой продолжительности эксплуатации водозабора (25-50 лет). Если запасы подземных вод обеспечивают неограниченный срок эксплуатации водозабора, третий пояс должен обеспечить более длительное сохранение воды.

Границы поясов ЗСО поверхностного водоисточника. Границы первого пояса ЗСО водопровода с поверхностным источником устанавливаются с учетом конкретных условий для водотоков и водоемов:

Для водотоков:

вверх по течению – не менее 200 м от водозабора,

вниз по течению – не менее 100 м от водозабора,

по прилегающему к водозабору берегу – не менее 100 м от линии уреза воды летне-осенней межени,

в направлении к противоположному от водозабора берегу при ширине водотока менее 100 м – вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от линии уреза воды при летне-осенней межени, при ширине водотока более 100 м – полоса акватории шириной не менее 100 м.

Для водоемов границы первого пояса ЗСО устанавливаются в зависимости от конкретных санитарных и гидрологических условий, но не менее 100 м во всех направлениях по акватории водозабора и по прилегающему к водозабору берегу от линии уреза воды при летне-осенней межени.

Границы второго пояса ЗСО поверхностного водоисточника устанавливаются с учетом природных, климатических и гидрологических условий, влияющих на процессы микробного самоочищения.

Для водотоков:

вверх по течению – исходя из усредненной по ширине и длине водотока скорости течения воды, чтобы время протекания ее от границы пояса до водозабора при среднемесечном расходе воды 95 % обеспеченности было для I А, Б, В, Г и II А климатических районов – не менее 5 суток, для I Д, II Б, В, Г, а также III климатических районов – не менее 3 суток,

вниз по течению – на расстоянии не менее 250 м от водозабора,

боковые границы – при равнинном рельефе – не менее 500 м, при гористом – не менее 750 м при пологом склоне и не менее 1000 м при крутом от линии уреза воды при летне-осенней межени.

Для водоемов границей второго пояса ЗСО считается линия: по акватории во всех направлениях – не менее 3000 м от водозабора при наличии нагонных ветров до 10% в сторону водозабора и 5000 м при наличии нагонных ветров более 10%; боковые границы по прилегающему к водозабору берегу при равнинном рельефе – не менее 500 м, при гористом – не менее 750 м при пологом и не менее 1000 м – при крутом склоне от линии уреза воды при летне-осенней межени.

Размер границ третьего пояса ЗСО для поверхностных источников устанавливаются:

для водотоков вверх и вниз по течению совпадают с границами второго пояса, боковые должны проходить по линии водоразделов в пределах 3-5 км, включая притоки,

для водоема границы совпадают границами второго пояса.

30. Гигиеническая характеристика схем водопровода из поверхностных водисточников.

Устройство водозабора из поверхностных источников должно обеспечить постоянство ее состава. Водозабор располагают, как правило, выше населенного места, обслуживаемого данным водопроводом, на участке реки с устойчивым руслом и достаточной глубиной.

Если вблизи берега есть глубины, обеспечивающие условия водозабора, и берег относительно крутой, устраивают *водозаборы берегового типа*. Они располагаются на склоне берега и отбирают воду из прибрежной зоны водного объекта.

При пологом берегу водозабор выносят в русло реки, устраивая там специальный водоприемный оголовок (*водозабор руслового типа*). От оголовка вода поступает по трубе в береговой колодец, откуда насосами первого подъема подается на очистные сооружения. Насосная станция может быть совмещена с оголовком. Иногда для улучшения условий приема воды ее отбирают не непосредственно из русла реки, а из искусственно созданных заливов — ковшей (*ковшевые водозаборы*).

При сильном загрязнении воды источника и при хорошо фильтрующих грунтах применяют *водозаборы инфильтрационного типа*. Эти водозаборы отбирают воду из расположенных на берегу колодца или скважины, куда она инфильтруется через грунт дна и берега водного объекта. Такой способ позволяет использовать сорбирующую способность грунтов в отношении как биологического, так и химического загрязнения и тем самым не только уменьшить нагрузку на очистные сооружения, но и обеспечить большее постоянство состава исходной воды. В конечном счете повышается санитарная надежность системы водоснабжения.

31. Зоны санитарной охраны поверхностных источников водоснабжения, их назначение и принципы расчета границ.

Границы поясов ЗСО поверхностного водисточника. Границы первого пояса ЗСО водопровода с поверхностным источником устанавливаются с учетом конкретных условий для водотоков и водоемов:

Для водотоков:

вверх по течению – не менее 200 м от водозабора,

вниз по течению – не менее 100 м от водозабора,

по прилегающему к водозабору берегу – не менее 100 м от линии уреза воды летне-осенней межени,

в направлении к противоположному от водозабора берегу при ширине водотока менее 100 м – вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от линии уреза воды при летне-осенней межени, при ширине водотока более 100 м – полоса акватории шириной не менее 100 м.

Для водоемов границы первого пояса ЗСО устанавливаются в зависимости от конкретных санитарных и гидрологических условий, но не менее 100 м во всех направлениях по акватории водозабора и по прилегающему к водозабору берегу от линии уреза воды при летне-осенней межени.

Границы второго пояса ЗСО поверхностного водоисточника устанавливаются с учетом природных, климатических и гидрологических условий, влияющих на процессы микробного самоочищения.

Для водотоков:

вверх по течению – исходя из усредненной по ширине и длине водотока скорости течения воды, чтобы время протекания ее от границы пояса до водозабора при среднемесячном расходе воды 95 % обеспеченности было для I А, Б, В, Г и II А климатических районов – не менее 5 суток, для I Д, II Б, В, Г, а также III климатических районов – не менее 3 суток,

вниз по течению – на расстоянии не менее 250 м от водозабора,

боковые границы – при равнинном рельефе – не менее 500 м, при гористом – не менее 750 м при пологом склоне и не менее 1000 м при крутом от линии уреза воды при летне-осенней межени.

Для водоемов границей второго пояса ЗСО считается линия: по акватории во всех направлениях – не менее 3000 м от водозабора при наличии нагонных ветров до 10% в сторону водозабора и 5000 м при наличии нагонных ветров более 10%; боковые границы по прилегающему к водозабору берегу при равнинном рельефе – не менее 500 м, при гористом – не менее 750 м при пологом и не менее 1000 м – при крутом склоне от линии уреза воды при летне-осенней межени.

Размер границ третьего пояса ЗСО для поверхностных источников устанавливаются:

для водотоков вверх и вниз по течению совпадают с границами второго пояса, боковые должны проходить по линии водоразделов в пределах 3-5 км, включая притоки,

для водоема границы совпадают границами второго пояса.

32. Водопроводная сеть и ее устройство. Причины загрязнения и инфицирования воды в водопроводной сети, меры предупреждения.

Водозаборные сооружения.

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.

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.

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.

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.

Инфильтрационный колодец (рис. 2) 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.

ВОДОПРОВОД ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

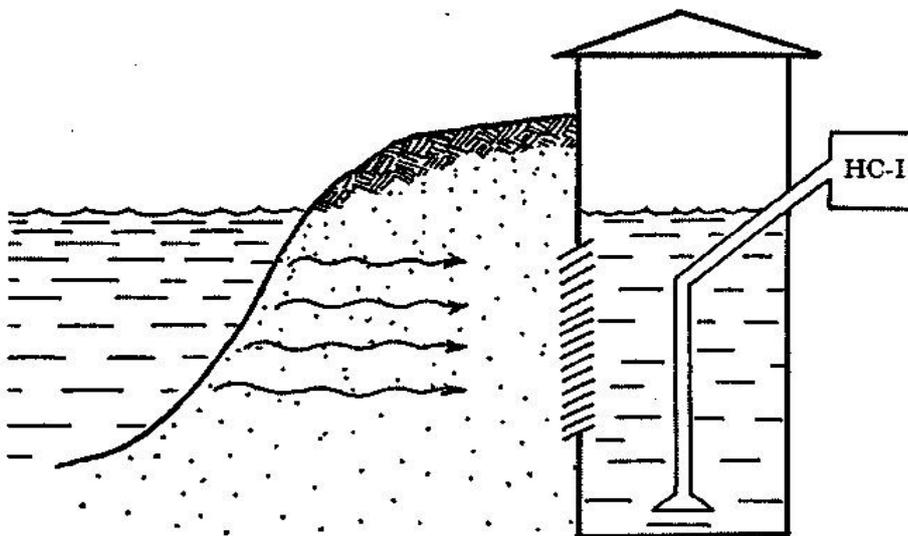


Рис. 10. Инфильтрационный колодец

Рис. 2. Инфильтрационный колодец.

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.

ВОДОПРОВОД ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

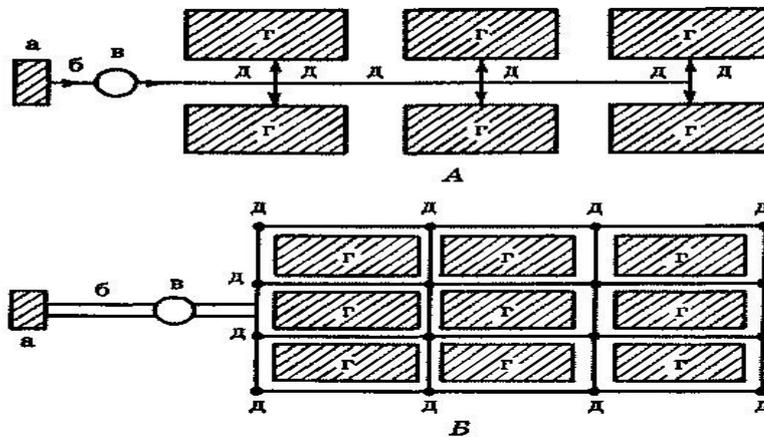


Рис. 3. Схема водопроводной сети:

А — тупиковая схема; Б — кольцевая схема; а — насосная станция; б — водовод; в — водонапорная башня; г — заселенные кварталы; д — разводящая сеть

По конфигурации водопроводная сеть может быть: 1) кольцевой; 2) тупиковой; 3) смешанной (рис. 3). 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. Водопроводные линии нужно прокладывать на 0,5 м выше канализационных.

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 подсосываться 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. 4).

РАЗДЕЛ I. ГИГИЕНА ВОДЫ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

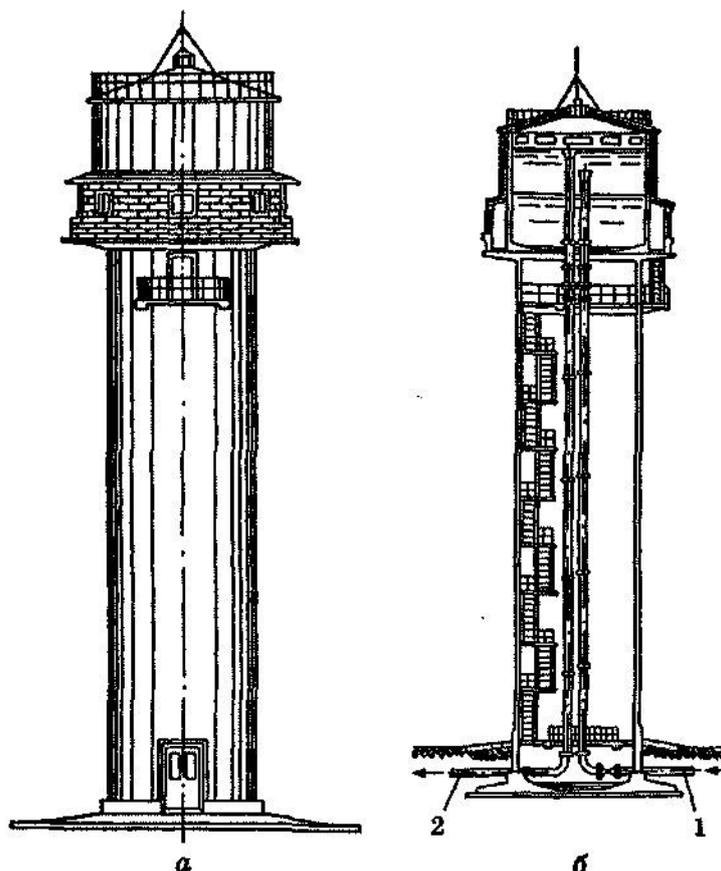


Рис. 4. Водонапорная башня:
а — внешний вид; б — разрез: 1 — подающе-разводящая труба; 2 — переливная труба

Территорию вокруг водонапорных башен ограждают. Резервуары должны быть водонепроницаемы, из железа или железобетона. 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.

33. Гигиеническая характеристика централизованного водоснабжения. Факторы, влияющие на уровень водопотребления.

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 СТБ 1756-2007 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения».

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, 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. Уровень химических веществ не должен превышать ПДК для воды водоемов хозяйственно-бытового водопользования.

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 СТБ 1756-2007 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения».

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 железистый гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 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 ОКБ (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 ОКБ 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 дефторируют. 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. Аналогичный принцип лежит в основе классификации поверхностных водоисточников (табл. 2).

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, БПК_{полное} до 3 мг/л) и марганца (до 0,1 мг/л), с несколько повышенной концентрацией железа (до 1 мг/л) и относительно невысокие уровни бактериальной контаминации и фитопланктона (1000 кл/см³), относят к I классу. Соответствие такой воды требованиям СТБ 1756-2007 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения» 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 мг O₂/л, БПК₂₀ — до 5 мг O₂/л. Содержание в воде железа достигает 3 мг/л. Отмечается относительно высокий уровень бактериальной контаминации воды (количество ТКБ не превышает 10 000 в 1 л) и значительное количество планктона (10 000 кл/см³). 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 СТБ 1756-2007 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения» с помощью традиционных методов очистки. Вода таких водоемов очень мутная (до 10 000 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 ТКБ до 50 000 в 1 л) и большое количество планктона (100 000 кл/см³). 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.

34. Гигиеническая характеристика нецентрализованного водоснабжения. Гигиенические требования к устройству, оборудованию и эксплуатации трубчатых и шахтных колодцев, каптажей родников.

Около трети населения использует для питьевых и бытовых целей воду колодцев, родников и других источников *нецентрализованного питьевого водоснабжения*.

Под нецентрализованной системой питьевого водоснабжения следует понимать устройства и сооружения (колодец, скважина, каптаж и др.) для забора воды без ее подачи к местам расходования и открытые для общего пользования гражданам и юридическим лицам.

Нецентрализованная система водоснабжения не имеет распределительно-водопроводной сети; доставку воды к месту ее хранения и потребления осуществляет потребитель. Открытость нецентрализо-

ванной системы для общего пользования налагает на государственную санитарно-эпидемиологическую службу обязанность надзора за состоянием водозаборных сооружений и качеством воды.

Как правило, в нецентрализованных системах используются грунтовые воды, не защищенные от поверхностного загрязнения и не подвергающиеся обработке. В связи с этим при выборе места водозабора необходимо обращать особое внимание на санитарное состояние окружающей территории, а при эксплуатации водозабора - на защиту территории от загрязнения.

Вторая особенность систем нецентрализованного водоснабжения заключается в том, что каждым водозаборным сооружением пользуется ограниченное количество населения, проживающего в непосредственной близости от водозабора. Это население имеет постоянные бытовые контакты между собой, что обуславливает общность окружающих микробиоценозов и наличие у людей достаточных иммунных механизмов для бесконфликтного сосуществования с ними. Поэтому среди населения, пользующегося колодцем, не возникают кишечные инфекции, даже в случае более высокого загрязнения его воды кишечной микрофлорой. Однако, появление в данной местности контингентов мигрантов (туристы, отряды для уборки урожая, временные переселенцы и пр.) может привести к возникновению вспышек кишечных инфекций.

Качество воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения регламентируется Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения».

Как видно из приложения, большое внимание уделяется органолептическим свойствам воды. Отдельно выделен показатель «Нитраты» как наиболее вероятный в сельских условиях в результате загрязнения почвы навозом или азотными удобрениями. Кроме того, есть указание о содержании любых химических веществ на уровне, не превышающем гигиенические нормативы (ПДК). Перечень веществ, подлежащих контролю, должен устанавливаться для каждого источника водоснабжения, исходя из местных условий и по результатам санитарного обследования при выборе места водозабора. Набор показателей эпидемической безопасности почти совпадает с таковым в СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Необходимости во введении показателя «сульфитредуцирующие клостридии» нет из-за отсутствия очистных сооружений; гигиеническое значение показателя ОМЧ объяснено выше.

35. Гигиенические требования к качеству воды при нецентрализованном водоснабжении.

Показатели	Единицы измерения	Гигиенические нормативы
Органолептические показатели		
Запах	баллы	не более 3
Привкус	баллы	не более 3
Цветность	градусы	не более 30
Мутность	единицы мутности по формазину	не более 3,5
	или мг/дм ³ (по коалину)	не более 2,0
Санитарно-химические показатели		
Водородный показатель	единицы pH	6 – 9
Жесткость общая	мг-экв./ дм ³	не более 10
Окисляемость перманганатная	мг/ дм ³	не более 7
Нитраты (NO ₃ ⁻)	мг/ дм ³	не более 45
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/ дм ³	не более 1500
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/ дм ³	не более 500

Хлориды (CL ⁻)	мг/ дм ³	не более 350
Микробиологические показатели		
Общие колиформные бактерии*	число бактерий в 100 см ³	отсутствие
Общее микробное число (при 37 °С)	число образующих колонии микробов в 1 см ³	не более 100
Термотолерантные колиформные бактерии	число бактерий в 100 см ³	отсутствие

36. Методика проведения дезинфекции колодцев и обеззараживания воды в них.

1. Необходимость дезинфекции колодцев устанавливается территориальным учреждением госсаннадзора и осуществляется:

по эпидемическим показаниям (при вспышке кишечных инфекций в населенном пункте или при попадании в воду колодцев сточных вод, фекалий, трупов животных и др.);
с профилактической целью (по окончании строительства новых или после очистки и ремонта существующих колодцев).

2. Для дезинфекции колодцев должны использоваться хлорная известь, двутретьосновная соль гипохлорита кальция (далее – ДТСГК) или другие дезинфицирующие препараты в соответствии с инструкцией по их применению.

3. Дезинфекция колодцев по эпидемическим показаниям включает предварительную дезинфекцию колодца, его очистку и повторную дезинфекцию.

4. Перед дезинфекцией колодца расчетным методом определяют объем воды в нем (м³) путем умножения площади сечения колодца (м²) на высоту водяного столба (м).

5. Проводят орошение из гидропульта наружной и внутренней части ствола шахты 5% раствором хлорной извести или 3% раствором ДТСГК из расчета 0,5 л на 1 м² поверхности.

6. Зная объем воды в колодце, проводят дезинфекцию нижней (водной) части его путем внесения хлорсодержащих препаратов из расчета 100-150 мг (г) активного хлора на 1 дм³ (м³) воды в колодце.

7. Воду тщательно перемешивают, колодец закрывают крышкой и оставляют на 1,5-2 часа, не допуская забора воды из него.

8. Расчет количества хлорной извести или ДТСГК, необходимого для создания в воде колодца заданной дозы активного хлора (100 - 150 мг (г) на 1 дм³ (м³), проводят по формуле:

$$P = \frac{E \cdot C \cdot 100}{H}, \text{ где}$$

P – количество хлорной извести или ДТСГК, г;

E – объем воды в колодце, м³;

C – заданная доза активного хлора в воде колодца, мг/дм³ (г/м³);

H – содержание активного хлора в препарате, %;

100 – числовой коэффициент.

9. Очистка колодца проводится через 1,5-2 часа после предварительной дезинфекции колодца. Колодец полностью освобождают от воды, очищают от попавших в него посторонних предметов и накопившегося ила. Стенки шахты очищают механическим путем от обрастаний и загрязнений.

10. Выбранные из колодца грязь и ил вывозят на свалку или погружают в заранее выкопанную на расстоянии не менее 20 м от колодца яму глубиной 0,5 м и закапывают, предварительно залив содержимое ямы 10% раствором хлорной извести или 5% раствором ДТСГК.

11. Стенки шахты очищенного колодца при необходимости ремонтируют, затем наружную и внутреннюю часть шахты орошают из гидропульта 5% раствором хлорной извести или 3% раствором ДТСГК из расчета 0,5 дм³/м³ шахты.

12. После очистки, ремонта и дезинфекции стенок шахты приступают к повторной дезинфекции колодца. Выдерживают время, в течение которого колодец вновь заполняется водой, повторно определяют объем воды в нем (м³) и вносят необходимое количество раствора хлорной извести или ДТСГК из расчета 100 - 150 г активного хлора на 1 м³ воды в колодце.

13. После внесения дезинфицирующего раствора воду в колодце перемешивают в течение 10 минут, колодец закрывают крышкой и оставляют на 6 часов, не допуская забора воды из него.

14. По истечении указанного срока наличие остаточного хлора в воде определяют качественно – по запаху или с помощью йодометрического метода. При отсутствии остаточного хлора в воду добавляют 0,25-0,3 первоначального количества дезинфицирующего препарата и выдерживают еще 3-4 часа.

15. После повторной проверки на наличие остаточного хлора и положительных результатов такой проверки, проводят откачку воды до исчезновения резкого запаха хлора. После этого воду можно использовать для питьевых и хозяйственно-бытовых целей.

16. При дезинфекции колодцев с профилактической целью предварительную дезинфекцию не проводят.

17. Очистку и ремонт колодца, а также дезинфекцию стенок вновь построенного колодца завершают дезинфекцией колодца объемным методом.

18. Необходимость обеззараживания воды в колодцах для предупреждения распространения среди населения инфекций через колодезную воду устанавливается предписанием Главного государственного санитарного врача административной территории и проводится:

как временное профилактическое мероприятие в очагах кишечных инфекций;

если вода колодцев не отвечает требованиям к качеству воды источников нецентрализованного водоснабжения по микробиологическим показателям.

19. Обеззараживание воды в колодце проводится после дезинфекции самого колодца с помощью различных приемов и методов. Наиболее распространенным методом является применение дозирующего патрона, заполненного хлорсодержащими препаратами.

20. В процессе обеззараживания воды в колодце хлорсодержащими препаратами величина остаточного (активного) хлора должна быть на уровне 0,5 мг/дм³.

21. Для расчета количества дезинфицирующего препарата в дозирующем патроне (А) определяют следующие параметры:

A_1 – объем воды в колодце, м³;

A_2 – дебит колодца, м³/час.;

A_3 – величину водозабора, м³/сут (определяют путем опроса населения);

A_4 – хлорпоглощаемость воды, мг/дм³.

22. Расчет проводят по формуле:

$$A = 0,07A_1 + 0,08A_2 + 0,02A_3 + 0,14A_4$$

Примечание:

данная формула для расчета количества ДТСГК, содержащего 52 % активного хлора, при температуре воды 17-18 °С;

для хлорной извести, содержащей 25% активного хлора, расчет производят по той же формуле, но расчетное количество препарата увеличивают в 2 раза;

если содержание активного хлора в ДТСГК или хлорной извести иное – делают пересчет на 52% активного хлора;

при температуре воды 4-6 °С (в зимнее время) количество препарата, определенное расчетом, увеличивают в 2 раза;

определение хлорпоглощаемости воды проводится в соответствии с п.28 настоящего приложения.

23. По количеству препарата подбирают подходящий по емкости патрон (или несколько патронов меньшей емкости), заполняют его препаратом, добавляют воды при перемешивании до образования равномерной кашицы, закрывают пробкой и погружают в воду колодца на расстояние от 20 до 50 см от дна в зависимости от высоты водяного столба, а свободный конец веревки (шпагата) закрепляют на оголовке шахты.

24. Эффективность обеззараживания воды в колодце устанавливают путем определения величины остаточного хлора ($0,5 \text{ мг/дм}^3$) и общих колиформных бактерий. Частота повторных определений должна быть не реже 1 раза в неделю.

25. При уменьшении величины остаточного хлора или его исчезновения (примерно через 30 суток), патрон извлекают из колодца, освобождают от содержимого, промывают и вновь заполняют дезинфицирующим препаратом. При этом вносят необходимые коррективы, исходя из первоначального опыта обеззараживания воды в колодце.

26. Для определения дебита колодца измеряют объем воды в колодце, быстро откачивают воду в течение определенного времени (3-10 мин.) и отмечают время, в течение которого восстановился уровень воды в колодце.

27. Расчет проводят по формуле:

$$D = \frac{V \cdot 60}{t}, \text{ где}$$

D – дебит колодца, $\text{дм}^3/\text{час}$;

V – объем воды в колодце до откачки, л;

t – время в мин., за которое восстановился уровень воды плюс время, в течение которого откачивали воду;

60 – числовой коэффициент.

28. Определение хлорпоглощаемости воды колодца проводят следующим образом: в сосуд отбирают 1 л колодезной воды, прибавляют 1% раствор хлорной извести или ДТСГК из расчета 2 мг/дм^3 активного хлора (при прозрачной воде) или $3-5 \text{ мг/дм}^3$ (при мутной воде), содержимое сосуда хорошо перемешивают, закрывают пробкой, оставляют на 30 минут и определяют величину остаточного хлора в воде.

Хлорпоглощаемость воды вычисляют путем определения разницы между количеством внесенного в сосуд активного хлора и количеством его в воде после 30-минутного контакта.

37. Предупредительный санитарный надзор в области водоснабжения населенных мест.

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:
 - 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;
 - графических материалов (ситуационного плана местности, генерального плана населенного пункта, плана площадки головных водопроводных сооружений, плана и профилей водоводов и водопроводной сети);
 - проекта ЗСО с текстовой частью и графическими материалами;
 - 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-монтажных 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.

38. Текущий санитарный надзор в области водоснабжения населенных мест.

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" 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 привлекать 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. 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 водоподготовки 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.

39. Гигиеническая характеристика хозяйственно-бытовых сточных вод. Условия их формирования и их отведения.

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; 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) пассажирских 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.

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 водо-потребления, 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 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 рН $6 \pm 6,5$ и слабощелочные с рН 8 ± 9) сточные воды; ко второй — сильноагрессивные (сильнокислые с рН < 6 и сильнощелочные с рН > 9); к третьей — неагрессивные (с рН $6,5 \pm 8$). Загрязненные производственные сточные воды могут содержать токсичные и опасные в эпидемическом отношении вещества и примеси. Кроме того, среди загрязняющих веществ могут быть концентрированные оходы 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 промышленного 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 БПК₂₀, ХПК, рН, 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, коксогазовые 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, салола.

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 каналы 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, прессования 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 распространены 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 O₂/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.

ТАБЛИЦА 35 Система мероприятий по уменьшению загрязнения поверхностных водоемов промышленными сточными водами

40. Механическая очистка хозяйственно-бытовых стоков. Понятие стабильности стоков.

Использование бытовой химии и различных химических веществ во всех регионах Санкт-Петербурга пагубно влияет на состояние сточных вод, что существенно затрудняет их очистку. Стоки сейчас содержат множество самых разных загрязняющих веществ, как механических элементов, так и сложных химических соединений, поэтому очистка сточных вод представляет собой довольно сложный и многоэтапный процесс.

Очистка подразумевает специальную их обработку, которая позволяет разрушить или удалить загрязняющие вещества. Во время процесса происходит разделение на очищенную воду и отходы, которые содержат в себе различные вредные вещества. После этого отходы становятся пригодными для их захоронения или утилизации.

На различных производствах при вторичном расходе технической воды необходимы механические методы очистки сточных вод. Они не только защищают рабочие приборы от попадания твердых частиц, но также такая технология способна вывести из стоков нужные химические соединения для повторного их использования в промышленном циклическом процессе. Именно поэтому механические методы, которые применяют для очистки сточных вод, так высоко востребованы.

Основной смысл механического метода очистки в том, что при помощи различных способов из сточных вод удаляются твердые примеси. Он подразумевает несколько различных процессов:

- процеживание – это первая ступень в обработке стоков;
- отстаивание – с его помощью из отработанных стоков извлекаются все взвешенные частицы;
- фильтрование – благодаря пропусканию через мелкопористый материал или специальную сетку все взвешенные вещества полностью удаляются из стоков.

Для механического метода применяют различные сооружения механической очистки сточных вод:

- решетки – они помогают задерживать наиболее крупные плавающие загрязнения;
- комминаторы – это специальные решетки-измельчители. Их используют для того, чтобы задержать твердые частицы, которые находятся в жидкости, и параллельно с этим перемалывать их;
- песколовки – помогают задерживать различные минеральные загрязнения на очистных сооружениях.

Все эти сооружения, которые все чаще применяют для механической очистки сточных вод, зарекомендовали себя с наилучшей стороны.

Именно механический способ очистки сточных вод чаще всего применяют на первых этапах очистных работ, так как он позволяет удалять крупные вещества и подготовить стоки для проведения дальнейшей очистки. Механический способ, который все чаще применяют для очистки сточных вод, позволяет обеспечить наибольшее использование очищенных стоков в основных технологических процессах. В данном случае сброс в окружающую среду минимальный.

Относительную стойкость или **стабильность** обозначается в процентах и находится путём отношения количества кислорода, содержащегося в сточной воде в растворенном и связанном состоянии, к количеству его, необходимому для биохимического окисления – БПК- находящегося в этой жидкости всех органических веществ, т.е.

$$S(\text{стабильность}) = \frac{O_2}{\text{БПК}_{\text{полн}}}$$

Установлено, что при стабильности, равной 50 % и температуре в 20⁰ загнивание начинается на третий день ; при стойкости в 80% - на седьмой день, при стойкости 99% - на двадцатый, а при стойкости 100 % - вода не загнивает.

Чем больше стабильность сточных вод, тем меньше вреда она может нанести при выпуске в водоём. После полной биологической очистки стабильность должна повысится не менее, чем на 99%. В отдельных случаях, в зависимости от местных условий (санитарных, гидрологических, климатических

др.) допускается выпуск сточных вод в водоём с относительной стабильностью (стойкостью) равной 80% (техническая эффективность).

41. Приемы и сооружение биологической очистки сточных вод, моделирующие естественные процессы минерализации в водной среде.

Вторую группу составляют методы и сооружения, воспроизводящие процессы самоочищения в водоемах, а именно: природные водоёмы(естественные) и искусственные - 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.

Аэротенки При биологической методике происходит за счет взаимодействия активного ила и механически очищенных сточных вод. Процесс их контакта происходит в емкостях, специальных гидротехнических сооружениях. Эти емкости, состоящие из двух или более секций, оборудованы системами аэрации. Активный ил содержит множество аэробных микроорганизмов. Если им создать благоприятные условия, то в процессе своей жизнедеятельности микроорганизмы будут выводить из сточных вод различные загрязнители, и тем самым будет происходить очистка. Ил представляет собой сложный биоценоз. В нем бактерии, которые при регулярном поступлении кислорода поглощают органические примеси, при этом происходит рост их численности. Находящиеся в том же активном иле различные черви, инфузории и коловратки, поедают размножившиеся бактерии. Популяция бактерии и охотников на них находится в равновесии. Поэтому биологическое очищение происходит непрерывно, главное, чтобы регулярно поступал свежий воздух. После завершения переработки органики, когда уровень биохимического потребления кислорода (БПК) снижается, вода поступает в следующие секции. В них начинают работать еще одни микроорганизмы — бактерии-нитрификаторы. Часть этих бактерий перерабатывает азот аммонийных солей, в результате получают нитриты. Другие же, поедая нитриты, вырабатывают нитраты. Как только такая очистка заканчивается, вода поступает во вторичный отстойник. Здесь активный ил превращается в осадок, а очищенная вода поступает в водоемы.

Биофильтры Наиболее распространенной, особенно среди владельцев индивидуальных застроек, является очистка с помощью биофильтра. Это относительно компактное устройство представляет собой резервуар со специальным загрузочным материалом. Биологическая методика очистки происходит с помощью все тех же микроорганизмов, находящихся в биофильтре в виде активной пленки. Биофильтры подразделяются на: имеющие капельную фильтрацию; двухступенчатые. Производительность биофильтров, имеющих капельную фильтрацию, весьма низкая. Но именно они, обеспечивают наибольшую степень очистки сточных вод. Второй тип биофильтров обладает высокой производительностью, при этом качество несильно отличается от капельной фильтрации. Независимо от типов таких фильтров, все они имеют схожую конструкцию. Биофильтры состоят из следующих составных частей: тело фильтра или фильтрующая нагрузка; специальное устройство для равномерного распределения сточных вод по телу фильтра; для удаления воды используется дренажная система; для доставки в фильтр воздуха применяется воздухораспределительная система. В первом случае части, помещенные в резервуар — это крупные неорганические фракции. В качестве таковых часто используются гравий, щебень, шлак, керамзит или пластик. В последнем случае без поступления достаточного количества кислорода биологический способ очистки не может быть проведена. Принцип работы биофильтра схож с процессом очистки с помощью аэротенки. Вначале с помощью механических фильтров и отстойника сточные воды избавляются от взвеси и крупных частиц. Затем вода поступает в тело биофильтра, где и происходит очистка. Бактерии, находящиеся на активной пленке, получают с водой питательные вещества. В процессе поедания органики, бактерии размножаются. В результате разросшаяся колония микроорганизмов очищает сточные воды от всей органики.

Это процесс не может происходить без регулярного поступления кислорода. Поэтому чтобы очистка качественно превращала стоки в чистую воду, необходимо обеспечить регулярный приток свежего воздуха. Капельные биофильтры работают по схожей схеме. Разница лишь в том, что вода в тело фильтра поступает небольшими каплями или струйками. Вентиляция воздухом обеспечивается естественным путем за счет открытого пространства. Биологические пруды Такая очистка требует наличие открытых искусственных водоемов. В них происходят самоочистка сточных вод. Такой способ позволяет добиться наилучшего результата, чем при использовании искусственных методов. Для этого используют неглубокие пруды. Их глубина не должна превышать одного метра, что позволяет достичь наибольшего соприкосновения поверхности воды с воздухом и обеспечить достаточное поступление кислорода в водоем. К тому же большая площадь поверхности позволяет лучше прогреться воде, это также влияет на

процессы жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в очищении. Наиболее эффективно биологическая очистка работает в теплое время года. Если температура воды понизится до 6 градусов, то процессы окисления приостановятся. В зимнее время очистка не происходит, так как микроорганизмы не способны питаться при минусовой температуре окружающей среды.

Виды биологических прудов Биологические пруды можно разделить на три типа: рыбоводческие пруды или с разбавлением; многоступенчатые или пруды без разбавления; пруды, предназначенные для доочистки воды. При использовании прудов первого типа, сточные воды смешиваются в определенной пропорции с речной водой. Далее они направляются в пруды для биологического очищения. Такой процесс продолжается около двух недель, а поскольку стоки смешаны с речной водой, в таких прудах можно разводить рыбу. Если применяются многоступенчатые пруды, то сточные воды после отстоя направляются в водоем без разбавления. В таком варианте избавление воды от загрязнений происходит в течение 30 дней. За этот период вода перемещается через каскад из 4-5 прудов. Выгода такого метода в его стоимости. Очистка воды происходит естественным путем, а ее перемещение от водоема к водоему происходит самотеком. На самом нижнем пруду получается почти чистая вода. В таких водоемах можно заниматься рыбоводством, особенно хорошо разводятся здесь карповые рыбы.

42. Гигиеническая оценка эффективности биологической очистки сточных вод. Понятие стабильности стоков.

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 α-, 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 α-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.

Программа лабораторного исследования сточных вод зависит от схемы очистки сточных вод. В зависимости от объекта исследования определяют специфические показатели оценки эффективности работы различных видов очистных сооружений.

При заключении об эффективности работы очистной станции и ее отдельных сооружений необходимо рассчитать эффект очистки – техническую эффективность (P):

$$(C_{\text{пост}} - C_{\text{вых}}) \times 100$$

$P = \frac{\quad}{\quad}$, где:

C_{пост} – концентрация загрязнений бытовых сточных вод, поступающих на очистку, мг/л;

C_{вых} – концентрация загрязнений в очищенной (выходящей) сточной жидкости, мг/л.

Под *технической* эффективностью работы очистных сооружений понимают выраженное в процентах снижение того или иного показателя после определенного очистного сооружения или целого этапа очистки (механической, биологической, обеззараживание). Для оценки технической эффективности необходимо располагать анализами сточных вод, поступающих на очистные сооружения и выходящих из них.

Эффект очистки рассчитывают в первую очередь по показателям, специфическим для данного сооружения. Так, техническую эффективность механической очистки сточных вод оценивают по показателям, характерным для этого этапа: окраска, плавающие примеси, взвешенные вещества, запах, осадок (в %) к объему сточных вод.

Суждение по эффективности механической очистки необходимо формировать на основе СНиП 3. 005. 04-85 (Наружные сети и сооружения канализации).

Следующим этапом оценки *технической эффективности* работы очистных сооружений является оценка *биологической очистки* сточных вод по показателям: БПК₅, азот аммиака, азот нитратов, азот нитритов, стабильность. Выбор показателей, характеризующих этап биологической очистки, обусловлен процессами минерализации органических веществ, происходящими на этом этапе.

При оценке эффективности биологической очистки необходимо учесть, что процесс окисления органических веществ идет во времени и имеет две фазы:

1-Аммонизация

2-Нитрификация.

I фаза окисления (**аммонизация**) характеризуется окислением органических соединений (белок, жир- и углеродсодержащих соединений до конечных продуктов их распада: Аммиака (NH₃), углекислого газа (CO₂), воды (H₂O), и температура. В результате реакций этих веществ в сточной воде образуется **углекислый аммоний (NH₄)₂CO₃** дающий название этой фазе.

Химизм этих процессов выглядит следующим образом :



Азотосодержащие органические вещества поступают в сточную воду не только в виде белка, но и в виде продуктов обмена, в частности, в виде мочевины и других продуктов обмена, которые в дальнейшем подвергаются биохимическому окислению при помощи бактерий.

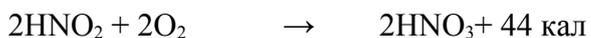
В дальнейшем углекислый аммоний подвергается нитрификации.

Этот процесс, получивший название нитрификации, осуществляется в две фазы.

В первой фазе биохимического окисления аммонийные соли (по С.Н.Строганову) превращается в азотистые соединения (*нитриты*), кокковыми бактериями из рода Nitrosomonas:



Во второй фазе бактериями рода Nitrobakter нитриты окисляются до нитратов.



Таким образом, азотная кислота в виде минеральных лосей – нитратов является конечным продуктом окисления белковых соединений и продуктов их обмена в животном и растительном мире в связи с этим по количеству нитратов (увеличение) судят об успешности и полноте процессов окисления.

В целом эффективность биологического окисления органических соединений происходит на фоне снижения величины БПК, мг/О₂/л;

Расход О₂ на биохимическое окисление органических соединений (фаза аммонификации), накопление нитритов и роста азота нитратов на фоне общего снижения азота аммонийного.

Процесс *нитрификации* связан с выделением тепла, поэтому играет немаловажную роль при эксплуатации сооружений биохимической очистки сточной воды в зимний период.

Кроме того, при *нитрификации* накапливается запас кислорода, который может быть использован для биохимического окисления органических веществ, когда полностью уже израсходован весь свободный кислород. Под действием денитрифицирующих бактерий кислород отщепляется от нитратов и нитритов

и вторично используется для окисления органического вещества. Этот процесс носит название **денитрификации**.

Под *денитрификацией* понимается восстановление бактериями солей азотной кислоты (нитратов) независимо от того, образуется ли при этом соли азотной кислоты (нитриты), низшие окислы азота, аммиак или свободный азот.

Таким образом, основной задачей биохимической очистки являются максимальные освобождение сточных вод от органического вещества или, другими словами, достигнуть высокого уровня относительной стойкости (стабильности) сточной жидкости, при которой ослабляется или вовсе теряется способность её к загниванию.

Относительную стойкость или **стабильность** обозначается в процентах и находится путём отношения количества кислорода, содержащегося в сточной воде в растворенном и связанном состоянии, к количеству его, необходимому для биохимического окисления – БПК- находящегося в этой жидкости всех органических веществ, т.е.

$$S(\text{стабильность}) = O_2 / \text{БПК}_{\text{полн}}$$

Установлено, что при стабильности, равной 50 % и температуре в 20⁰ загнивание начинается на третий день ; при стойкости в 80% - на седьмой день, при стойкости 99% - на двадцатый, а при стойкости 100 % - вода не загнивает.

Чем больше стабильность сточных вод, тем меньше вреда она может нанести при выпуске в водоём. После полной биологической очистки стабильность должна повысится не менее, чем на 99%. В отдельных случаях, в зависимости от местных условий (санитарных, гидрологических, климатических др.) допускается выпуск сточных вод в водоём с относительной стабильностью (стойкостью) равной 80% (техническая эффективность).

После полной биологической очистки сточные воды могут быть сброшены в водоём с обязательным их обеззараживанием (хлорированием).

Гигиеническая эффективность очистки сточных вод оценивается по качеству воды водоёма (ниже по течению воды), куда осуществлён спуск сточных вод (без нарушений условий водопользования).

Другим критерием, по которому осуществляется оценка эффективности работы очистных сооружений, является гигиеническая эффективность.

Гигиеническая эффективность очистки сточных вод оценивается по качеству воды водоема, куда осуществлен сброс (впуск) очищенных стоков. Для оценки гигиенической эффективности пробы воды водоема отбираются в створе на 1 км выше ближайшего пункта водопользования. Анализ проб воды проводится по показателям, указанным в приложении 1 СанПиН 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения».

Гигиеническая эффективность считается достигнутой, если качество воды водоема в указанном створе соответствует приведенным выше нормативам.

В исключительных случаях, когда спуск очищенных сточных вод осуществляется в черте населенного пункта, для оценки гигиенической эффективности отбираются пробы сточных вод перед спуском их в водоем. В этом случае гигиеническая эффективность считается достигнутой, если качество сточных вод перед спуском их в водоем соответствует приведенным выше нормативам по второй категории водопользования.

43. Методы очистки хозяйственно-бытовых стоков на объектах малой канализации.

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 механической 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.

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 не возможно 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 канализации и рассчитаны на очистку до 25 м³ 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. 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 м³/сут. Они содержат собственно дозирующую (накопительную) камеру и автоматически действующий сифон.

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 относят прежде всего хлорирование, как наиболее доступный, простой и надежный способ обеззараживания сточных вод, а к физическим (безреагентным) — озонирование 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 не обходимо 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/м³; после механической очистки с эффективностью от отстаивания сточных вод свыше 70% и неполной биологической очистки — 5 г/м³; после полной биологической доочистки и физико-химической очистки сточных вод — 3 г/м³. 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 г/м³. 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 трубах должна составлять 30 мин. Для обеззараживания сточных вод после биологических прудов следует предусматривать отсек для контакта сточной воды с активным хлором.

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.

45. Гигиеническая характеристика сточных вод промышленных предприятий.

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, имеющихся 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 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 рН 6 ± 6,5 и слабощелочные с рН 8 ± 9) сточные воды; ко второй — сильноагрессивные (сильнокислые с рН < 6 и сильнощелочные с рН > 9); к третьей — неагрессивные (с рН 6,5 ± 8). Загрязненные производственные сточные воды могут содержать токсичные и опасные в эпидемиологическом отношении вещества и примеси. Кроме того, среди загрязняющих веществ могут быть концентрированные отходы производств, не подлежащие отведению в канализационную сеть. 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).

46. Методы и условия проведения очистки сточных вод на Минской станции аэрации.

Вода из артезианских источников подается потребителям без очистки и, как правило, без обеззараживания. Хлорируют ее лишь летом, в качестве профилактики. Вода же из поверхностного источника (Вилейско-Минской водной системы) проходит полный цикл очистки.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение города Минска осуществляется из подземных и поверхностных источников.

Современная система водоснабжения г. Минска включает в себя 11 станций водозабора артезианских источников, расположенных как в черте города, так и за его пределами и одну станцию подающую воду из открытого (поверхностного) водоисточника. Водозаборы подземных вод включают в свой состав группы скважин подающих воду по сборным водоводам в резервуары чистой воды. Из резервуаров вода с помощью насосов станции 2-го подъема направляется под напором в городскую водопроводную сеть. В системе водоснабжения города имеются также станции 3-го подъема, которые подают воду в дома повышенной этажности или к потребителям, которые находятся на возвышенной местности.

Сегодня на Минской очистной водопроводной станции ежедневно расходуют около двух тонн хлора для обезвреживания воды из поверхностных источников. На станции вода проходит многоступенчатый цикл обработки. Здесь установлено современное оборудование с автоматическим дозированием вводимого хлора. В Беларуси только Минск и Гомель имеют поверхностные источники водоснабжения, остальные города обеспечены питьевой водой из артезианских скважин.

Там в первую очередь проводится **коагулирование воды** для осаждения планктона и других взвешенных частиц. В качестве коагулянта используется оксихлорид алюминия. Затем вода **отстаивается 2-2,5 часов** огромных резервуарах, пока коагулянт осаждает в виде хлопьев взвешенные частицы, и затем **фильтруется**.

Основной фильтрующий компонент — кварцевый песок или гранитный отсев (мелко дробленый до фракции песка гранит). При огромном объеме воды применять дорогие материалы бытовых фильтров типа активированного угля, ионообменной смолы, мембран, работающих по принципу обратного осмоса, невозможно.

Дальше вода **озонируется** озоно-воздушной смесью для окисления и частичного обеззараживания. Эту технологию в Минске используют с 1978 года.

Для гарантированного уничтожения микробов вода из открытого источника в обязательном порядке **хлорируется**. То есть, обрабатывается газообразным хлором. Можно сколько угодно рассуждать о вреде хлорирования, но по действующим санитарным стандартам на выходе в питьевой воде должно быть остаточное содержание хлора — он действует как консерватор, предотвращающий появление микробов на пути к потребителю по водопроводным сетям.

Такие технологии как **кварцевание воды** пока в мире мало распространены — в больших объемах проточную воду обеззараживать кварцеванием очень сложно. Для этого приходится строить бассейн с погруженными в него кварцевыми лампами. Недавно такой метод стали использовать в Санкт-Петербурге, где вся питьевая вода берется из открытых источников.

Кроме того, с прошлого года действует установка **углевания**, которая улучшает органолептические показатели воды в случаях негативных природных факторов, как, например, появления сине-зеленых водорослей.

Дальше очищенная от механических примесей и обеззараженная вода поступает в городскую водопроводную сеть. Из-за содержания остаточного хлора, а также из-за меньшей насыщенности минеральными солями, вода из поверхностного водозабора по вкусовым качествам уступает подземной. Однако, благодаря мягкости, в такой воде лучше стирать одежду. При приобретении картриджа для домашнего фильтра это следует учитывать.

ВООБЩЕМ на станции аэрации используется специальный илл с микроорганизмами. а на станции водочистки - кварцевый песок+озонирование+углевание+хлорирование и тп аэрации - в шабанах(на востоке города). водочистки - в сухарево (на западе).

47. Источники загрязнения водоемов, их сравнительная гигиеническая характеристика. 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; 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) пассажирских 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.

К бытовым относятся воды от кухонь, туалетных комнат, душевых, бань, прачечных, столовых, больниц, а также хозяйственные воды, образующиеся при мытье помещений. Они поступают как от жилых и общественных зданий, так и от бытовых помещений промышленных предприятий. По природе загрязнений они могут быть фекальные, загрязненные в основном физиологическими отбросами, и хозяйственные, загрязненные всякого рода хозяйственными отходами.

К производственным сточным водам относятся воды, использованные в технологическом процессе, не отвечающие более требованиям, которые предъявляются к их качеству, и подлежащие удалению с территории предприятий. Сюда относятся также воды, откачиваемые на поверхность земли при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руды и др.).

Дождевые воды образуются в результате выпадения атмосферных осадков. Их подразделяют на дождевые и талые, получающиеся от таяния льда и снега. Отличительной особенностью дождевого стока являются его эпизодичность и резкая неравномерность.

Воды от мытья и поливки улиц, а также от фонтанов и дренажей по качественной характеристике загрязняющих примесей близки к дождевым водам и удаляются совместно с ними.

Объем сточных вод, отнесенный к единице времени, называют расходом, выражаемым в м³/сутки, м³/ч, м³/с, л/с.

Максимальный расход бытовых вод с 1 га жилой застройки города в зависимости от плотности населения колеблется от 0,5 до 2 л/с, или 10 000—25 000 м³/год.

Для городов расход дождевого стока в среднем один раз в году может достигать 100—150 л/с с 1 га, а один раз в 10 лет — 200—300 л/с с 1 га. Вместе с тем суммарный за весь год дождевой сток с застроенных территорий не превышает 1500—2000 м³ с 1 га. Таким образом, в средних условиях европейской территории СССР за год дождевых вод стекает в 7—15 раз меньше, чем бытовых, но максимальные секундные расходы дождевых вод в 50—150 раз больше, чем расходы бытовых вод.

Сточные воды загрязнены всевозможными примесями органического и минерального происхождения, которые могут находиться в них в виде раствора, коллоидов, суспензии и нерастворимых веществ.

Степень загрязнения сточных вод оценивается концентрацией, т. е. массой примесей в единице объема в мг/л или г/м³.

Бытовые сточные воды кроме органических и минеральных примесей содержат биологические примеси, состоящие из бактерий, в том числе и болезнетворных, а поэтому они потенциально опасны.

Производственные сточные воды загрязнены в основном отходами и отбросами производства, представляющими определенную ценность.

В целях снижения степени загрязненности производственных сточных вод необходимо стремиться к улучшению технологических процессов на промышленных предприятиях, направленных на уменьшение количества отходов и отбросов, утилизацию их в процессе производства.

Количественный и качественный составы минеральных, органических и биологических примесей производственных сточных вод разнообразны и зависят от отрасли промышленности и технологического процесса. В производственных сточных водах некоторых отраслей промышленности могут находиться ядовитые вещества (синильная кислота, фенол, мышьяк, анилин, сероуглерод, соли тяжелых металлов — меди, свинца, ртути, хрома), а также радиоактивные элементы.

В зависимости от количества содержащихся примесей производственные сточные воды подразделяют на загрязненные (грязные) и незагрязненные. Загрязненные сточные воды перед выпуском в водоем подвергают очистке (освобождают от примесей), незагрязненные выпускают в водоем без обработки или повторно используют в производстве.

Дождевые воды при выпадении насыщаются растворенными газами, атмосферной пылью, аэрозолями, а при стекании смывают с поверхности крыш, внутриквартальных территорий и проездов пыль, мусор» бензин, масла и другие загрязнения. Дождевые воды, содержащие преимущественно минеральные

	вещества	K ₅	сть	во бактерий	во яиц гельминтов	кислород, мг/дм ³	ый хлор, мг/дм ³	ие свойства воды
Сита, решетки, песколовки	5-10	5 — 10	--	5—15	--	--	--	Свободна от крупных плавающих и взвешенных веществ и песка
Септик (после двухсуточного отстаивания)	70-98	30	35	6—15	10—100	0	—	Слегка опалесцирует, с отдельными белыми хлопьями
Двухъярусный отстойник	50-70	25 — 30	—	—	70—90	0	—	То же
Отстойник (горизонтальный, вертикальный)	50—70	25 — 30	—	25—50	70—90	—	—	То же
Отстойник с преаэрацией	65	35	—	30	—	—	—	»
Отстойник с биокоагуляцией	75	50	—	40	—	—	—	»
Биологические фильтры	70—92 (прозрачность 15—20 см)	70-90	70—65	80—95	--	>4	—	Бесцветная
Аэротенк	70—92	80 — 90	70—75	90—95	—	>4	—	»
Вторичный отстойник	80-95	85 — 95	—	90—98	—	>4	—	»
Поля орошения или поля фильтрации	90-98	95 — 99	80-90	95-98	100	>4	—	Бесцветная (прозрачность более 30 см)
Хлорирование после отстаивания	—	15	—	90—95	—	—	3—5	То же
Хлорирование после биологической очистки	—	—	—	98—99.5	—	—	1—2	»
Качество воды после искусственной биологической очистки	30 (прозрачность >20 см)	5 — 20	—	—	1	>4	--	Бесцветная, без неприятного запаха, не загнивает при стоянии

Следующим этапом оценки *технической эффективности* работы очистных сооружений является оценка *биологической очистки* сточных вод по показателям: БПК₅, азот аммиака, азот нитратов, азот нитритов, стабильность. Выбор показателей, характеризующих этап биологической очистки, обусловлен процессами минерализации органических веществ, происходящими на этом этапе. При оценке эффективности биологической очистки необходимо учесть, что процесс окисления органических веществ идёт во времени и имеет две фазы:

1-Аммонизация

2-Нитрификация.

I фаза окисления (**аммонизация**) характеризуется окислением органических соединений (белок, жиры и углеводсодержащих соединений до конечных продуктов их распада: Аммиака (NH₃), углекислого газа (CO₂), воды (H₂O), и температура. В результате реакций этих веществ в сточной воде образуется **углекислый аммоний (NH₄)₂CO₃** дающий название этой фазе.

Химизм этих процессов выглядит следующим образом :

1. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{OH}$
2. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$
3. $\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{CO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Азотосодержащие органические вещества поступают в сточную воду не только в виде белка, но и в виде продуктов обмена, в частности, в виде мочевины и других продуктов обмена, которые в дальнейшем подвергаются биохимическому окислению при помощи бактерий.

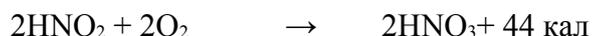
В дальнейшем углекислый аммоний подвергается нитрификации.

Этот процесс, получивший название нитрификации, осуществляется в две фазы.

В первой фазе биохимического окисления аммонийные соли (по С.Н.Строганову) превращается в азотистые соединения (*нитриты*), кокковыми бактериями из рода Nitrosomonas:



Во второй фазе бактериями рода Nitrobakter нитриты окисляются до нитратов.



Таким образом, азотная кислота в виде минеральных солей – нитратов является конечным продуктом окисления белковых соединений и продуктов их обмена в животном и растительном мире в связи с этим по количеству нитратов (увеличение) судят об успешности и полноте процессов окисления.

В целом эффективность биологического окисления органических соединений происходит на фоне снижения величины БПК, мг/О₂/л;

Расход О₂ на биохимическое окисление органических соединений (фаза аммонификации), накопление нитритов и роста азота нитратов на фоне общего снижения азота аммонийного.

Процесс *нитрификации* связан с выделением тепла, поэтому играет немаловажную роль при эксплуатации сооружений биохимической очистки сточной воды в зимний период.

Кроме того, при *нитрификации* накапливается запас кислорода, который может быть использован для биохимического окисления органических веществ, когда полностью уже израсходован весь свободный кислород. Под действием денитрифицирующих бактерий кислород отщепляется от нитратов и нитритов и вторично используется для окисления органического вещества. Этот процесс носит название **денитрификации**.

Под *денитрификацией* понимается восстановление бактериями солей азотной кислоты (нитратов) независимо от того, образуется ли при этом соли азотной кислоты (нитриты), низшие окислы азота, аммиак или свободный азот.

Таким образом, основной задачей биохимической очистки являются максимальные освобождение сточных вод от органического вещества или, другими словами, достигнуть высокого уровня относительной стойкости (стабильности) сточной жидкости, при которой ослабляется или вовсе теряется способность её к загниванию.

Относительную стойкость или **стабильность** обозначается в процентах и находится путём отношения количества кислорода, содержащегося в сточной воде в растворенном и связанном состоянии, к количеству его, необходимому для биохимического окисления – БПК- находящегося в этой жидкости всех органических веществ, т.е.

$$S(\text{стабильность}) = O_2/\text{БПК}_{\text{полн}}$$

Установлено, что при стабильности, равной 50 % и температуре в 20⁰ загнивание начинается на третий день ; при стойкости в 80% - на седьмой день, при стойкости 99% - на двадцатый, а при стойкости 100 % - вода не загнивает.

Чем больше стабильность сточных вод, тем меньше вреда она может нанести при выпуске в водоём. После полной биологической очистки стабильность должна повысится не менее, чем на 99%. В отдельных случаях, в зависимости от местных условий (санитарных, гидрологических, климатических др.) допускается выпуск сточных вод в водоём с относительной стабильностью (стойкостью) равной 80% (техническая эффективность).

После полной биологической очистки сточные воды могут быть сброшены в водоём с обязательным их обеззараживанием (хлорированием).

Гигиеническая эффективность очистки сточных вод оценивается по качеству воды водоёма (ниже по течению воды), куда осуществлён спуск сточных вод (без нарушений условий водопользования) .

Другим критерием, по которому осуществляется оценка эффективности работы очистных сооружений, является *гигиеническая* эффективность.

Гигиеническая эффективность очистки сточных вод оценивается по качеству воды водоема, куда осуществлен сброс (впуск) очищенных стоков. Для оценки гигиенической эффективности пробы воды водоема отбираются в створе на 1 км выше ближайшего пункта водопользования. Анализ проб воды проводится по показателям, указанным в приложении 1 СанПиН 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения».

Гигиеническая эффективность считается достигнутой, если качество воды водоема в указанном створе соответствует приведенным выше нормативам.

В исключительных случаях, когда спуск очищенных сточных вод осуществляется в черте населенного пункта, для оценки гигиенической эффективности отбираются пробы сточных вод перед спуском их в водоем. В этом случае гигиеническая эффективность считается достигнутой, если качество сточных вод перед спуском их в водоем соответствует приведенным выше нормативам по второй категории водопользования.

11.5. Условия спуска сточных вод в поверхностные водные объекты

Иногда отведение сточных вод в водный объект необходимо. Сброс не должен нарушать условия жизни населения и создавать угрозу его здоровью. Расчет ведется только на разбавление сточных вод водой водного объекта – приемника стоков без учета ассимиляционной способности водного объекта (процессы самоочищения), закономерности которого изучены весьма поверхностно.

В основу расчетного метода определения условий спуска сточных вод в водный объект положены данные об исходном состоянии водного объекта, расстоянии от места спуска до первого пункта водопользования и гигиенические требования к качеству воды в этом пункте. Приводим математическое выражение этой зависимости:

$$q C_{\text{ст}} + yQ C_p = (q + yQ) \cdot C_{\text{нд}},$$

где Q и q — соответственно расчетные расходы воды в реке и сточных вод; C_{ст} и C_p — концентрация загрязнения одинакового вида в сточных водах и в реке до места спуска сточных вод; C_{нд} — ПДК того же загрязнения; y — коэффициент обеспеченности смешения¹, показывающий, какая часть расхода реки участвует в смешении со сточными водами. Решение уравнения относительно C_{ст}:

$$C_{\text{ст}} = yQ/q (C_{\text{нд}} - C_p) + C_{\text{нд}}$$

дает максимальную концентрацию, которая может быть допущена в сточных водах без нарушения гигиенических требований в водном объекте. Величину расчетной C_{ст} кладут в основу мероприятий по снижению загрязнения, чтобы достигнуть соответствия условий отведения сточных вод гигиеническим требованиям.

Расчетный метод определения условий сброса на основе разбавления оценивали неоднозначно. Одни преувеличивали его значение, видя в разбавлении сточных вод главную возможность обеспечить санитарную охрану водных объектов, другие, наоборот, утверждали, что расчет на разбавление может привести лишь к нарастающему загрязнению водных объектов. Однако обе точки зрения не соответствуют реальности. Расчетный метод не допускает спуск сточных вод

при C_p , равной или большей $C_{пл}$, т.е. если вода водного объекта чрезмерно загрязнена до спуска сточных вод. Тем самым правильные выводы из результатов расчета при принятии управленческих решений не допустят нарастания загрязнения водного объекта.

Организация и проведение расчетов спуска сточных вод усложняются, хотя приведенная формула сохраняет свое значение, в условиях крупных территориально-промышленных комплексов с большим количеством выпусков сточных вод на ограниченной территории или в условиях водохранилищ со сложными гидрологическими и гидродинамическими характеристиками. В настоящее время существуют компьютерные программы расчета спуска сточных вод в водный объект для различных санитарных ситуаций при множественных выпусках сточных вод. Все эти программы основаны на изложенном принципиальном подходе.

Изложенные мероприятия по охране водных объектов от загрязнения способны обеспечить качество природной воды, минимально удовлетворяющее большинство водопользователей. Однако даже добросовестное выполнение этих мероприятий далеко не полностью снимает техногенную нагрузку на водные объекты. Энергия природных внутриводоемных процессов во многом расходуется на элиминацию загрязнений, привнесенных человеком. Усилия общества должны быть направлены на дальнейшее разобщение природного и технологического круговорота веществ с целью большего приближения санитарного режима водных объектов к природному уровню и сохранению водных объектов.

49. Гигиеническое нормирование химических веществ в воде водных объектов. Понятие

о лимитирующем показателе.

ГЛАВА 4 ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (из Санитарных правил и норм 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения»)

21. Настоящими Правилами установлены гигиенические нормативы состава и свойств воды в водных объектах для двух категорий водопользования.

22. К первой категории водопользования относится использование водных объектов или их участков в качестве источника питьевого и хозяйственно-бытового водопользования, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

23. Ко второй категории водопользования относится использование водных объектов или их участков для рекреационного водопользования. Требования к качеству воды, установленные для второй категории водопользования, распространяются также на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

24. Качество воды водных объектов должно соответствовать требованиям, указанным в приложении 1. Содержание химических веществ в воде водных объектов, не должно превышать гигиенических нормативов ПДК и ОДУ, утвержденных в установленном порядке.

25. При отсутствии установленных гигиенических нормативов водопользователь обеспечивает разработку ОДУ или ПДК, а также метода определения вещества и/или продуктов его трансформации с нижним пределом измерения $\leq 0,5$ ПДК.

26. В случае присутствия в воде нескольких веществ 1-2 классов опасности сумма отношений фактических концентраций каждого из них ($C_1, C_2 \dots C_n$) к их ПДК не должна превышать единицы: C_1 ПДК1 + ПДК2 + ... ПДКn < 1

При установлении окончательной величины ПДК используется **принцип лимитирующего показателя вредности**, в соответствии с которым величина норматива выбирается на уровне наименьшей из

концентраций, установленных по различным критериям вредности (принцип учета «слабого звена», «узкого места»)

ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования — максимальная концентрация вещества в воде, в которой вещество при поступлении в организм в течение всей жизни не оказывает прямого или опосредованного влияния на здоровье населения в настоящем и последующих поколениях, а также не ухудшает гигиенические условия водопользования.

ОДУ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурного водопользования — временный гигиенический норматив, разрабатываемый на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применяемый только на стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми или строящимися предприятиями, реконструируемыми очистными сооружениями.

Значимость ПДК и ОДУ в системе водно-санитарного законодательства определяется тем, что:

- соблюдение этих нормативов создает благоприятные условия водопользования, обеспечивая безопасность воды для здоровья населения;
- наличие нормативов позволяет рассчитать нормы предельно допустимого сброса и использовать их при предупредительном и текущем санитарном надзоре;
- сопоставление реальных уровней содержания веществ в воде с их ПДК или ОДУ дает возможность судить, в какой мере вредны и при каких условиях могут быть безвредными промышленные и другие загрязнения, а также оценить эффективность водоохраных мероприятий;
- гигиенические нормативы необходимы при выборе приоритетных показателей загрязнения воды;
- сертификация материалов, реагентов, оборудования, технологий, используемых в системах водоснабжения и очистки сточных вод, проводится с использованием гигиенических нормативов мигрирующих в воду веществ.

50. Система мероприятий по уменьшению загрязнения поверхностных водоемов промышленными сточными водами.

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 отображены политика правительства страны, стратегия и тактика деятельности министерств (в частности, Министерства здравоохранения, Министерства экологии и природных ресурсов), учреждений (в частности, органов государственного санитарного надзора), 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.

С целью рационального использования поверхностных вод в условиях осложнения взаимоотношений природы и общества еще в 1981 г. рядом европейских 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.

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-бытовых нужд. 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.

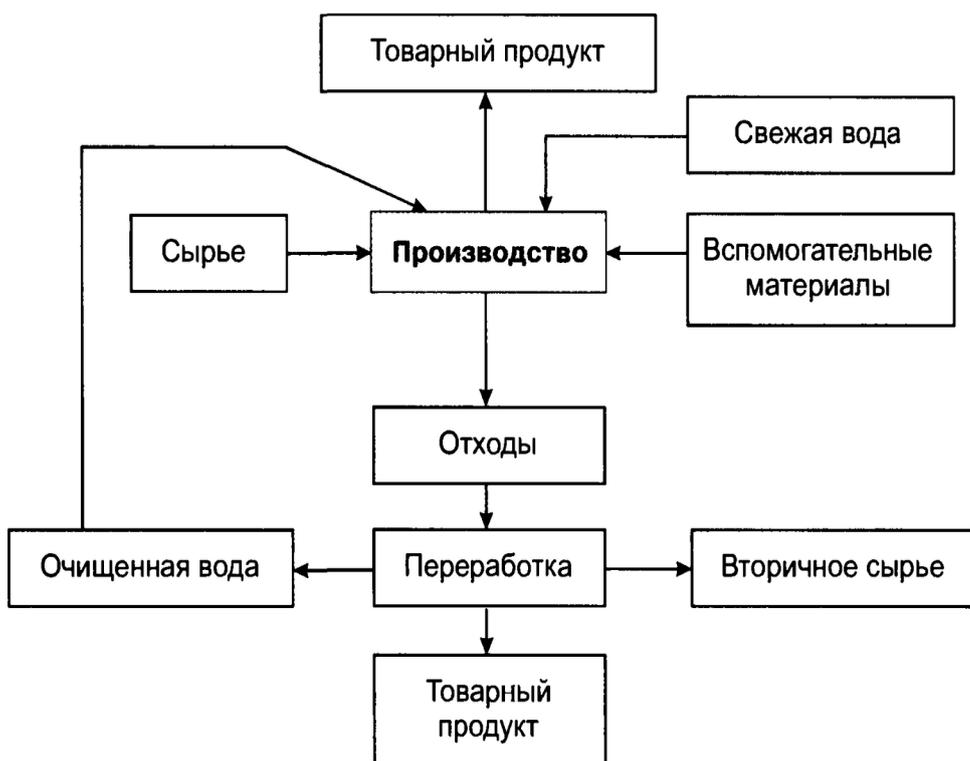
Технологические мероприятия состоят в научном обосновании, разработке и внедрении таких технологий в промышленности и сельском хозяйстве, которые бы свели к минимуму или полностью устранили возможность образования и сброса в водные объекты сточных вод и твердых отходов: минимизировали уровни поступления 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.

11.1. Система мероприятий

В идеале охрана водных объектов от загрязнения предполагает полное разобщение производственных и бытовых циклов и природных циклов круговорота веществ и энергии, иными словами, создание безотходной технологии. Схема безотходной технологии в общем виде представлена на рис. 11.1.

Безотходная технология – это теоретический предел. В большинстве случаев ее можно реализовать лишь частично, но с развитием технического прогресса со все бóльшим приближением к идеалу. Современное общество политически, экономически и морально не готово к полному разобщению природного и технологического круго-



ворота веществ и энергии. Лишь в некоторых случаях законодательством предусмотрены мероприятия, запрещающие использование природных водных объектов в качестве приемника отходов производства и потребления (*запретительные мероприятия*). Санитарными правилами «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» не допускается сброс в водные объекты сточных вод, содержащих вещества, для которых не разработаны ПДК, возбудители инфекционных болезней бактериальной, вирусной и паразитарной природы. Этими же правилами запрещен сброс в водные объекты, на поверхность ледового покрова и на водосборную территорию водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования, а также в водные объекты в черте населенных мест снега, кубовых остатков и других отходов, формирующихся на территории поселений и промышленных площадок. Запрещается сбрасывать сточные воды, которые могут быть утилизированы путем организации малоотходных производств или повторно использованы после соответствующей обработки в промышленности, городском или сельском хозяйстве.

Запрещено сбрасывать сточные воды в некоторые участки водных объектов, используемые для наиболее ответственных видов водопользования, а именно в пределах 1-го пояса ЗСО источников питьевого водоснабжения, в пределах 1-го и 2-го поясов округов санитарной охраны курортов, рекреационных зон, в водные объекты, содержащие природные лечебные ресурсы, а также в водные объекты в черте населенных мест.

Большое значение в охране водных объектов от загрязнения имеют *ограничительные мероприятия*, направленные на уменьшение объема сточных вод, поступающих в водные объекты, снижение концентрации загрязнений, содержащихся в них, а также на регулирование сброса сточных вод во времени и пространстве и их смешения с водой водного объекта.

Система мероприятий по уменьшению загрязнения поверхностных водных объектов сточными водами включает в себя следующие группы мероприятий:

Технологические:

- изменение технологических приемов производственных процессов;
- уменьшение количества и повторное использование сточных вод;
- создание замкнутых систем водоснабжения;
- утилизация ценных веществ из сточных вод.

Санитарно-технические:

- механические, физические, химические, физико-химические приемы очистки и обезвреживания сточных вод;
- биологические приемы очистки;
- глубокая (третичная) очистка биологически очищенных сточных вод.

Вспомогательные:

- раздельное канализование отдельных цехов и предприятий;
- регулирование сброса сточных вод (накопители, усреднители, рассеивающий выпуск).

Планировочные:

- районное канализование в масштабах промрайона или бассейна водного объекта;
- взаиморасположение мест водозабора и сброса сточных вод;
- переброска сточных вод через водораздел в бассейн другого водного объекта.

11.2. Технологические мероприятия

Технологическим мероприятиям принадлежит определяющая роль. Основное направление разработки технологических мероприятий – стремление к созданию малоотходных, а в перспективе безотходных производств с *уменьшением количества воды, используемой в технологическом процессе*. В последние десятилетия в промышленности определилась тенденция к сокращению удельного расхода воды на единицу товарной продукции. В каждой отрасли на новых крупных предприятиях обратное водоснабжение достигает максимально возможной при существующем техническом уровне величины. На предприятиях черной и цветной металлургии водооборот по отрасли составляет около 80%, на предприятиях химической промышленности – около 83%, целлюлозно-бумажной промышленности – около 65%.

Технологические мероприятия весьма эффективны в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. В результате замены в процессе обезвоживания нефти анионоактивных СПАВ неионогенными концентрация нефти в стоках электрообессоливающих установок снижается в десятки раз. Перспективны повышение единичной мощности различных агрегатов, использование в оборотных системах промышленного водоснабжения бытовых

сточных вод, прошедших глубокую очистку. На современных нефтеперерабатывающих заводах оборот технологической воды достигает 96%.

Количество сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий или концентрацию в них загрязнений позволяют уменьшить сухая окорка древесины, замена барометрических конденсаторов поверхностными. Весьма эффективно использование биологически очищенных сточных вод целлюлозно-бумажных комбинатов в основной технологии производства картона. Это позволяет снизить расход чистой воды до величины безвозвратных потерь и обеспечивает экономию воды 3–4 м³ на 1 т готовой продукции.

Применение *оборотного водоснабжения* на разных производствах позволяет в 10–50 раз уменьшить потребление природной воды. Например, для выработки 1 т каучука при прямоточном водоснабжении в старых производствах требуется 2100 м³ свежей воды, а при оборотном водоснабжении – лишь 165 м³. В некоторых отраслях промышленности реально создание бессточных предприятий на основе замкнутых водооборотных циклов.

Примером *утилизации ценных веществ, содержащихся в сточных водах*, является извлечение из фильтровой жидкости при производстве соды товарных продуктов – хлорида кальция и хлорида аммония, что приводит к уменьшению не только концентрации, но и объема сточных вод. На целлюлозно-бумажных комбинатах часть иловых осадков очистных сооружений производственной канализации добавляется в картонную массу в качестве наполнителя (5–10% массы готового продукта).

Большой резерв экономии воды имеется в жилищно-коммунальном секторе городов. В водном балансе городов большие объемы питьевой воды расходуются там, где можно использовать техническую воду и очищенные сточные воды. Это мытье автомобилей, заполнение городских прудов и декоративных водоемов, полив улиц и зеленых насаждений, кондиционирование воздуха на предприятиях, охлаждение оборудования в кинотеатрах, магазинах и др.

В жилищном секторе уменьшение расхода воды связано в первую очередь с внедрением совершенного оборудования, обеспечивающего устранение утечек воды в распределительных водопроводных сетях и в санитарно-технических устройствах, установка в жилых и общественных зданиях водомерных счетчиков, баков-аккумуляторов и регуляторов давления воды.

52. Направления государственного санитарного надзора за системами водоотведения

Смотри главу 12 учебника

Смотри СанПиН «Требования к системам водоотведения населенных пунктов» 15 мая 2012 г. № 48

53. Состав атмосферного воздуха и гигиеническое значение основных его компонентов.

Из курса физиологии известно, что дыхание представляет собой сложный биологический процесс, обеспечивающий потребление организмом кислорода из внешней среды и выделение диоксида углерода и воды. Дыхательный процесс подразделяется на 3 фазы: внешнее дыхание, транспортирование газов воздухом кровью, тканевое или внутреннее дыхание.

Кислород поступает в составе атмосферного воздуха в легкие, транспортируется кровью и тканевыми жидкостями в связанной с гемоглобином форме и растворенным в плазме к тканям и клеткам, где используется в процессах биологического окисления. При биологическом окислении образуется диоксид углерода, который поступает в жидкие среды организма, транспортируется ими в легкие и выводится с выдохом в окружающую среду.

Механическая защита дыхательных путей в процессе дыхания обеспечивается активностью цилиарного аппарата и реологическими свойствами бронхоальвеолярного секрета. Слизистая оболочка полости носа вырабатывает за сутки 100-500 мл секрета, который участвует в выведении из верхних дыхательных путей инородных частиц и способствует увлажнению вдыхаемого воздуха. Наиболее крупные частицы пыли, имеющие размер до 30 мкм, задерживаются волосатым фильтром преддверия полости носа; частицы размером 10-30 мкм оседают на слизистой оболочке полости носа за счет турбулентного движения воздушной струи. Вместе со слизью частицы пыли и микроорганизмы перемещаются из передней части полости носа к выходу из него вследствие упорядоченного движения ресничек мерцательного эпителия. Слизь с осевшими на ней частицами из задней части полости носа движется по направлению движения вдыхаемого воздуха к глотке. Оттуда она попадает в пищеварительный тракт в результате рефлекторных глотательных движений.

Слизистая оболочка трахеи и бронхов также продуцирует в сутки 10-100 мл секрета. Он покрывает поверхность слизистой слоем толщиной 5-7 мкм.

Вдыхаемый атмосферный воздух, пройдя по воздухоносным путям, очищается от примесей пыли и нагревается до температуры тела. В альвеолах вдыхаемый воздух смешивается с имеющимся там воздухом, приобретает 100% влажность, и соотношение газов в нем изменяется. В альвеолярном воздухе у человека в норме содержание диоксида углерода колеблется в пределах 5-6%, кислорода — 13,5-15%, азота — около 80%.

Выдыхаемый воздух представляет смесь альвеолярного и атмосферного воздуха, имеющегося в воздухоносных путях. В нем содержится 15-18% кислорода и 2,5-5,5% диоксида углерода.

Человек в покое потребляет в сутки 340 л кислорода, при ходьбе — 3660 л.

Объем легочной вентиляции может существенно меняться в зависимости от условий и тяжести работы, тренированности. При легкой работе изменения небольшие, при умеренной работе углубление и учащение дыхания увеличиваются пропорционально интенсивности работы и приближаются к предельным величинам легочной вентиляции. При выполнении тяжелой мышечной работы легочная вентиляция у нетренированных людей может достигать 50-70 л воздуха в минуту, в то время как у тренированных она приближается к 100-150 л в минуту. Разница объясняется тем, что у первых увеличение вентиляции достигается за счет учащения дыхания, а у вторых — его углубления.

Содержание в атмосферном воздухе азота (около 80%) является следствием многовековой эволюции Земли и биосферы; все современные формы жизни адаптированы к этому. При вдыхании воздуха с более низким содержанием азота и соответствующим относительным повышением содержания кислорода у человека могут наблюдаться морфологические изменения легочной ткани разной степени выраженности. Таким образом, кажущаяся балластная роль азота в воздухе является на самом деле одним из механизмов поддержания равновесия между организмом и средой обитания.

Диоксид углерода (углекислый газ) — продукт различных природных окислительных процессов, в частном случае нормальный метаболит биохимических процессов человеческого организма. Диоксид углерода нетоксичен для человека. При лечебных ингаляциях в ургентных случаях его добавление к кислороду в количестве 5% стимулирует дыхательный центр. Однако повышение концентрации диоксида углерода в воздухе жилища признано санитарным показателем, поскольку вместе с диоксидом углерода накапливаются и газообразные токсичные метаболиты, неблагоприятно влияющие на самочувствие людей, находящихся в этом жилище.

54. Источники загрязнения атмосферного воздуха. Общая характеристика атмосферных загрязнителей.

Гигиеническая характеристика основных источников загрязнения атмосферного воздуха

Источники загрязнения атмосферного воздуха населенных мест, их сравнительная характеристика.

Химический состав атмосферного воздуха формировался в процессе эволюции Земли на протяжении весьма длительного времени. Важную роль при этом играли природные источники поступления в него тех или иных газообразных веществ и аэрозолей. *К числу таких источников относятся свержения вулканов, вынос морских солей, выветривание почвы, лесные и торфяные пожары и др.*

В результате вулканической деятельности на планете в год может поступать до 80 млн тонн аэрозолей в виде пепла, который поднимается на большую высоту и может переноситься на большие расстояния от источника. Известны случаи глобального переноса пепла воздушными потоками в атмосфере. Кроме аэрозоля, в состав вулканических извержений входят пары воды — до 67,88 об.%, диоксид углерода — 12,71 об.%, монооксид углерода — 0,67 об.%, водород — 0,75 об.%, азот — 7,65 об.%, диоксид серы — 7,03 об.%, сера — 1,04 об.%, хлор — 0,41 об.%. В составе извержений вулканов обнаружены также некоторые канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в частности бенз(а)пирен (БП). По данным литературы, даже в настоящее время за счет вулканической деятельности, не такой активной, как в прошлом нашей планеты, в атмосферу может поступать в год до 120 кг этого соединения. Учитывая весьма малую величину установленной ПДК БП для атмосферного воздуха, такой общий объем выброса следует признать значимым с гигиенической точки зрения.

Специалисты отмечают, что глобальные объемы выбросов БП, а также диоксида серы, свинца примерно на 10% формируются за счет природных источников.

Другими естественными источниками поступления аэрозолей в атмосферу являются вынос морских солей (по некоторым данным, до 700 млн т в год), выветривание почвы (до 300 млн т в год), лесные пожары (до 200 млн т в год). Большинство природных (естественных) источников загрязнения атмосферного воздуха обуславливают непостоянные и в основном более или менее ограниченные изменения качества атмосферного воздуха, ибо извержения вулканов, лесные пожары, пыльные или песчаные бури бывают не каждый день и не повсеместно. Однако в ряде случаев их влияние может распространяться на большие территории.

В атмосферном воздухе можно также обнаружить так называемый *аэропланктон*, т.е. [находящиеся во взвешенном состоянии частицы биологической природы размером от 0,01 до 50-1200 мкм]. В состав аэропланктона входят бактерии, вирусы, споры плесневых грибов, дрожжевые грибы, актиномицеты, цисты простейших, споры мхов и папоротников. Они привносятся в атмосферный воздух в основном из почвы, в нем, как правило, не размножаются и погибают под действием неблагоприятных факторов либо оседают на других территориях. Содержание аэропланктона и его видовое разнообразие в воздухе различных климатических районов и в разные сезоны года существенно различаются. Среднемесячное содержание бактерий в воздухе Москвы в августе-сентябре было в 8 раз выше, чем в декабре-январе. Наиболее богат аэропланктоном воздух в теплое время года, в южных районах, на территориях с открытой поверхностью почвы, при сильных ветрах. Некоторые виды аэропланктона обладают

способностью выживать в атмосферном воздухе определенное время, поэтому воздушными течениями они могут подниматься на высоту до 5-7 км и распространяться на большие расстояния (сотни и тысячи километров).

Гигиенически важными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются цветущие растения. В разгар цветения от одного растения в атмосферный воздух может поступать до нескольких миллионов гранул пыльцы. Имея сравнительно небольшие размеры (до 10- 15 мкм), гранулы достаточно долго могут находиться в атмосферном воздухе во взвешенном состоянии. Это обстоятельство объясняет формирование так называемых пыльцевых облаков, которые поднимаются на высоту до 10 км и более и распространяются на расстояния до 600 км. Их распространение в атмосферном воздухе носит сезонный характер (максимум содержания приходится на летний период), зависит от наличия и особенностей растительности, ибо одни растения выделяют пыльцы больше, другие — меньше. У людей, обладающих повышенной чувствительностью к пыльце, весной в период цветения растений могут появляться приступы возвратных респираторных нарушений. Они проявляются в виде насморка, затруднения носового дыхания, слезотечения и зуда в носу и глазах. Совокупность данных симптомов получила название сенной лихорадки или поллиноза (от лат. pollen — пыльца). Сенной лихорадкой страдает примерно 3-4% населения земного шара. Пыльца не всех растений может быть причиной сенной лихорадки. Вредной является пыльца, содержащая аллерген сенной лихорадки, выделяющаяся в большом количестве и легко переносимая ветром.

Техногенные источники загрязнения атмосферного воздуха

Основными техногенными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются *теплоэнергетика, черная и цветная металлургия, нефтедобывающая и нефтехимическая промышленность, промышленность строительных материалов.* Важную роль в загрязнении атмосферного воздуха играет *автомобильный транспорт.* Доля выбросов автотранспорта в некоторых регионах России достигает 50-80% общего количества загрязнений, поступающих в атмосферный воздух.

Рост производства, увеличение численности транспортных средств, увеличение масштабов промышленного строительства являются мощным градообразующим фактором и в состоянии увеличивать риск неблагоприятного влияния на качество атмосферного воздуха селитебных территорий, на условия жизни и здоровье населения.

3.2.1. Тепловые электростанции и теплоцентрали

Характер загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания минерального топлива определяется следующими основными факторами: видом топлива, условиями его сжигания в различных топочных устройствах, наличием и технической эффективностью очистных сооружений, условиями выброса (высота труб, скорость выхода дымовых газов, их температура и др.). Немаловажное значение имеют метеорологические условия и рельеф местности.

Существует два метода сжигания минерального топлива — колошниковый (или слоевой) и камерный, который в свою очередь делится на факельный и циклонный. Колошниковый метод применяется для сжигания каменного угля, камерный метод — для сжигания пыли каменного угля, газообразного и жидкого топлива.

Основными продуктами неполного сгорания углеводородного топлива, поступающими в атмосферу, являются оксиды углерода и соединения серы — органическая, сульфидная (колчедан), сульфатная сера. Минеральные примеси представляют собой силикаты, сульфаты, сульфиды, карбонаты, оксиды металлов, фосфаты, хлориды щелочных металлов.

При сжигании нефтепродуктов доля загрязняющих веществ по отношению к массе угля составляет 46%, газа — 7,5%. Наиболее высокое содержание серы отмечается в мазуте.)

Современная тепловая электростанция потребляет 5 млн т угля на 1 ГВт эл в год.

При сжигании каменного угля, кроме газообразных выбросов, образуется зола. При сжигании угля зола распределяется на 2 части: одна оседает, остается в топке, другая выносится через трубы вместе с газами в атмосферу (летучая зола). Количество летучей золы зависит от метода сжигания угля. При слоевом сжигании выбрасывается 10-30% золы, при камерном пылеугольном сжигании выброс золы составляет 60-90%. Совершенствование технологии пылеугольных топок позволяет снизить количество летучей золы до 30-40%.

Летучая зола состоит на 95% из мельчайших твердых минеральных частичек размером до 5 мкм. В минеральной части золы содержится 42,5-49% диоксида кремния, 23,9-37,9% алюмосиликатов, 9,8-16,4% соединений железа, а также кальций, магний и др. Кроме того, в золе присутствуют и некоторые металлы, которые принято считать канцерогенами (Сг, Ni, Be), а также естественные радионуклиды. Основное гигиеническое значение имеет наличие в летучей золе диоксида кремния, высокотоксичного для человека.

Дисперсность пылевых частиц золы определяет длительность их пребывания в воздухе и их действие на организм. Чем меньше размер частиц, тем дольше они находятся во взвешенном состоянии в воздухе, тем на большие расстояния уносятся от источника выброса. Кроме того, они проникают в глубокие отделы органов дыхания, в то время как крупные пылинки задерживаются в основном в верхних дыхательных путях. Выпадающие на поверхность почвы компоненты летучей золы включаются в биологические цепи и поступают в организм человека не только с вдыхаемым воздухом, но и с продуктами питания и питьевой водой.

Кроме золы, в выбросах ТЭЦ всегда присутствуют твердые частицы несгоревшего углерода, так называемый недожог.

Среди газообразных загрязнений атмосферного воздуха тепловыми электростанциями ведущее место занимают оксиды серы. Это объясняется высоким содержанием серы в угле и сернистом мазуте. Практически вся сера, содержащаяся в мазутах, при сжигании превращается в диоксид серы. Электростанции, работающие на сернистом мазуте с содержанием серы от 1 до 4,5%, в зависимости от мощности выбрасывают в атмосферный воздух сотни тонн диоксида серы в сутки.

Неполное сгорание углеводородного топлива ведет к образованию канцерогенных ПАУ, в том числе БП. Их образование происходит при температуре 700-800 °С в условиях нехватки воздуха для обеспечения полноты сгорания топлива (табл. 1). При камерном способе сжигания пылевидного топлива в дымовых газах концентрация БП не превышает 4,2 мкг/100 м³. Не выше его содержание в дымовых газах котельных, использующих в качестве топлива газ и мазут. Однако если процесс не отрегулирован или несовершенна конструкция топки, выброс БП может увеличиваться в 50 раз при сжигании мазута и в 610 раз при сжигании газа. Большая доля ПАУ в составе выброса сорбируется на частицах золы и недожога.

Промышленные предприятия

Цветная металлургия представляет отрасль, охватывающую производство цветных металлов и их сплавов от добычи и переработки рудного сырья до получения готовой продукции в виде металлов и сплавов. В последние годы цветная металлургия прочно занимает одно из ведущих мест по общему объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые по отрасли составляют примерно 3,2— 3,4 млн т в год. В районах размещения предприятий цветной металлургии на расстоянии десятков километров от заводов образуются техногенные биогеохимические провинции, в которых обнаруживается повышенное содержание цветных металлов в почве и растениях.

Основными методами получения цветных металлов из руд являются пирометаллургия, (огневая плавка руды), электрометаллургия (электроплавка и электрогидролиз) и гидрометаллургия (гидрохимическое

растворение с последующим осаждением металла). При получении одного и того же металла перечисленные процессы могут комбинироваться в различной последовательности. Процессам непосредственно получения металла обязательно предшествуют процессы обогащения руды, среди которых чаще всего применяется флотация. Процессу флотации предшествует механическое измельчение руды до консистенции пудры, сопровождающееся выделением пыли, содержащей высокие концентрации диоксида кремния, а также различные соединения цветных металлов в зависимости от вида руды.

Технология производства цветных металлов связана с образованием значительных объемов отходящих газов, которые содержат различные вещества, главным образом аэрозоли конденсации металлов, диоксид углерода, диоксид серы. На долю последнего приходится до 80% суммарных выбросов в отрасли, что объясняется преимущественной переработкой сульфидных руд, на долю оксида углерода приходится около 10%, твердых веществ — 7%.

При производстве свинца, цинка, меди, кобальта, никеля, алюминия атмосферный воздух может загрязняться оксидами указанных металлов, а также фтористым водородом, пылью глинозема, смолистыми веществами и канцерогенными ПАУ, в частности БП.

Черная металлургия является одной из ведущих отраслей промышленности, определяющих экономический потенциал страны.

Современные предприятия черной металлургии представляют собой комплекс производств и могут быть разделены на 3 основных вида. В состав металлургических комбинатов входят горнорудные производства, на которых добывают руду, агломерационные и рудообогатительные фабрики, служащие для освобождения руды от примесей, среди которых большое значение имеют соединения серы, и придания ей соответствующей технологической формы, доменное производство (с коксохимическим заводом), выпускающее чугуны, сталеплавильное и сталепрокатное. Предприятия полного металлургического цикла имеют в своем составе 3 основных звена производства черного металла — доменное, сталеплавильное и сталепрокатное производства. На предприятиях неполного металлургического цикла имеется только два звена — сталеплавильное и сталепрокатное производства.

Особенностью предприятий горнорудного производства, включая обогатительные фабрики, является тесная связь с сырьевой базой, т.е. расположение предприятий непосредственно в районах месторождений минерального сырья. Основным компонентом, поступающим в атмосферный воздух от предприятий горнорудного производства, является пыль вскрышных и рудных пород, содержащая от 20 до 70% диоксида кремния и аэрозоли дезинтеграции оксидов и сульфидов металлов. При открытом, карьерном, способе добычи руды периодически 1-2 раза в месяц имеют место залповые выбросы пыли и продуктов сгорания взрывчатых веществ (оксид углерода и оксиды азота) при производстве взрывных работ для разрушения горных пород. В процессах термической агломерации и обогащения руды, кроме того, выделяются оксид углерода, диоксид серы и оксиды металлов (аэрозоль конденсации), содержащиеся в железной руде в виде примесей.

В основе доменного процесса получения чугуна лежит восстановительная плавка агломерата или обогащенной руды при температуре 1000- 1200 °С или 1800 °С. Топливом в этом процессе является кокс, который вырабатывается путем пиролиза каменного угля на коксохимическом заводе, входящем в состав комбината, 'коксохимический завод — источник выброса в атмосферный воздух угольной пыли, аммиака, фенола, нафталина, оксида углерода, газообразных соединений серы. В процессе плавки чугуна образуется большое количество доменного (колошникового) газа, содержащего пыль (до 6 г/ м³), оксид углерода (от 28 до 45 %), диоксид серы и другие компоненты. 80% доменного газа, обладающего большой теплотворной способностью (850-1100 ккал/м³), используется повторно для нагрева домны и коксовых батарей, 20% выбрасывается в атмосферу.

Получение из чугуна стали осуществляется в мартеновском или конвертерном процессах, суть которых состоит в дальнейшем восстановлении железа при температуре 1700-1800 °С и удалении примесей серы, фосфора, марганца и углерода в виде оксидов. Оксиды в газообразном состоянии или в виде аэрозолей конденсации содержатся в выбросах в атмосферный воздух.

Современный способ прямого восстановления железа из руды принципиально отличается от описанных. Он заключается в удалении кислорода из обогащенной и агломерированной железной руды (окатышей) восстановительным газом. Восстановительный газ представляет собой смесь водорода и оксида углерода, образующихся в результате взаимодействия при высокой температуре водяного пара и природного газа (СН₄) в присутствии никелевого катализатора. Отходящие газы, содержащие кислород, оксид углерода, диоксид серы (абгазы), используются для подогрева природного газа перед его катализом, и лишь незначительная часть их выбрасывается в атмосферу. Конечный продукт, получивший название горячебрикетированного железа, содержит более 90% железа. Получение из железа легированных (от нем. legieren — сплавлять) сталей производится в электросталеплавильном производстве в дуговых или индукционных печах без использования топлива. В качестве легирующих добавок используют хром, ванадий, марганец, вольфрам, никель, титан, ниобий и другие металлы. Процесс плавки металла в электропечи сопровождается выделением запыленных горячих газов, среди которых преобладают оксид углерода (от 23 до 86%) и оксиды азота, а также аэрозолей конденсации оксидов металлов. Количество возгонной металлосодержащей пыли особенно возрастает при использовании кислородного дутья.

Источниками загрязнения атмосферного воздуха в сталепрокатном производстве являются нагревательные устройства, в которых в качестве топлива используются природный, коксовый или доменный газы, мазут. Поэтому в выбросах прокатных цехов содержится большое количество диоксида серы. Кроме того, в них имеется большое количество металлической пыли, а также пары серной и соляной кислот, применяемых для травления металла.

Нефтедобывающая промышленность. По объему загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, отрасль вышла на 3-е место, на ее долю приходится около 20% выбросов от стационарных источников в промышленности. В 2002 г. предприятиями отрасли было выброшено в атмосферу 3,113 млн т загрязняющих веществ, в том числе жидких и газообразных 2,898 млн т и твердых 214,2 тыс. т. Основными компонентами выбросов являются оксид углерода, различные углеводороды, диоксид серы, сероводород, оксиды азота.

Характер загрязнения атмосферного воздуха в нефтедобывающих районах зависит от свойств самой нефти. Нефть представляет собой смесь газообразных, жидких и твердых углеводородов. Ввиду химической агрессивности сероводорода, отмечается ускоренная коррозия оборудования, что ведет к потерям углеводородов и сероводорода. Комбинация углеводородов и сероводорода в атмосферном воздухе неблагоприятна для человека, поскольку их совместное действие более выражено, чем действие по отдельности. Загрязнение атмосферного воздуха связано со способностью нефти к испарению. Наибольшие потери нефти на объектах отрасли наблюдаются при ее хранении. Речь идет о так называемых больших и малых «дыханиях» резервуаров. Первые представляют выпуск паровоздушной смеси из резервуаров при заполнении их нефтью, вторые связаны с выделениями паровоздушной смеси при расширении газового пространства за счет повышения температуры нефти и резервуара и изменения барометрического давления. Вследствие этого резервуарные парки, не оснащенные устройствами для улавливания летучих фракций нефти, являются существенными источниками загрязнения атмосферного воздуха. При бурении нефтяных и газовых скважин, подземном ремонте скважин в атмосферный воздух поступают отработавшие газы мощных дизельных установок.

На предприятиях отрасли большая часть источников выбросов относится к категории неорганизованных, поэтому степень улавливания отходящих газов от стационарных источников очень низкая.

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность.

Переработка нефти ведется в двух основных направлениях — на установках масляного (получение минеральных масел) и топливного (получение моторного топлива) блоков. Кроме того, на современных нефтеперерабатывающих заводах оборудуются установки для химической переработки нефтепродуктов с целью получения синтетического каучука, жирных кислот, синтетических масел, деэмульгаторов, присадок к топливу и прочих продуктов.

Кроме углеводородов, сероводорода, оксида углерода, диоксида серы, в атмосферный воздух могут поступать фенол, бензол, много других соединений. Среди них особо следует отметить возможность выделения БП, в больших количествах появляющегося во многих продуктах нефтепереработки и нефтехимии за счет применения высоких температур в технологии их получения, особенно при пиролизе углеводородного сырья, а также вследствие сжигания топлива в печах технологических установок.

Массивным источником выброса углеводородов являются резервуары для хранения нефти, нефтепродуктов, продуктов нефтехимического синтеза. Как известно, в них выброс происходит через специальные дыхательные клапаны, открытые люки и неплотности в кровле резервуара. К числу источников загрязнения атмосферного воздуха относятся также открытые поверхности различных сооружений для очистки сточных вод.

С поверхности очистных сооружений промышленных сточных вод - нефтеловушек в атмосферный воздух может поступать до 50 700 г/ч углеводородов и 26,7 г/ч сероводорода (при переработке сернистого углеводородного сырья). В еще больших количествах могут выделяться углеводороды с поверхности прудов дополнительного отстоя — до 135 000 г/ч. Из градирен может поступать в атмосферный воздух до 2500 т в год углеводородов.

Важную роль в загрязнении атмосферного воздуха играют технологические установки, на которых общие потери углеводородов и других веществ за счет неплотностей оборудования, арматуры, фланцевых соединений, сальниковых уплотнений насосов и компрессоров, печей могут достигать 20%. Нельзя не учитывать также факельные системы в качестве источников загрязнения атмосферного воздуха продуктами неполного сгорания (горючие газы и пары, сдувки из предохранительных клапанов и др.). По разнообразию выбросов предприятия химии и нефтехимии заметно выделяются среди всех других отраслей. Это объясняется разнообразием технологических процессов, применяемого сырья и реагентов, широким ассортиментом готовой продукции. Существенно влияют на характер выбросов особенности химической технологии: наличие периодических процессов, применение высоких температур и давлений, а также недостаточная разработка эффективных методов газоочистки.

Наличие на предприятии множества разновысоких источников в основном нагретых выбросов ведет к диффузному загрязнению атмосферного воздуха не только на территории самих предприятий нефтепереработки и нефтехимии, но и на прилегающих селитебных территориях.

Машиностроение. Наиболее крупными источниками выбросов в атмосферный воздух являются литейные цеха. Так, при производстве 1 т чугуновых отливок в вагранке (шахтная печь, нагреваемая коксом) выделяются 150-330 кг оксида углерода, около 1,5 кг диоксида серы, 25-60 кг пыли, а также оксиды азота, фенол, аммиак и др. Состав отходящих газов меняется в зависимости от особенностей технологических процессов. Несмотря на пылеулавливание с технической эффективностью очистных сооружений, равной 70-80%, литейный цех мощностью 100 тыс. т литья в год может выбрасывать в атмосферный воздух до 1000 т пыли в год.

Индукционные печи играют значительно меньшую роль в загрязнении атмосферного воздуха. На 1 т плавки в индукционной печи образуется 15-20 кг пыли, 150-200 кг оксида углерода, 1,3-7 кг диоксида серы в зависимости от сернистости шихты и кокса.

Из формовочных смесей при высокой температуре расплавленного металла выделяются бензол, фенол, формальдегид, метан и другие вещества. В термических цехах выбросы вредных веществ связаны с

нагревательными печами, которые работают на жидком и газообразном топливе и выбросы которых фактически не очищаются. Поступление туманов кислот и аэрозолей масел имеет место в кузнечно-прессовых и гальванических цехах предприятий.

В состав выбросов в атмосферу входят также сварочный аэрозоль, металлическая и абразивная пыль, пары различных кислот, углеводороды, растворители, едкий натр, аммиак, пары масел, сольвент, оксиды меди, цинка, железа, алюминия и др.

В лакокрасочных цехах при механизированных способах нанесения покрытий в воздух рабочей зоны могут поступать пары растворителей (8-18%), аэрозоли пигментов краски (1-7%). При использовании пневматических распылителей теряется до 15-40% лакокрасочных материалов. Возможно также выделение последних в процессе высыхания покрытий. Из рабочих помещений, если нет очистки вентиляционных выбросов, пары растворителей могут поступать в атмосферный воздух,

Промышленность строительных материалов производит железобетонные изделия и конструкции, стеновые материалы, кирпич, керамзит, кровельные и гидроизоляционные материалы, нерудные строительные материалы (щебень, известь, строительный гипс, цемент и др.).

Цементные и гипсовые заводы являются значительным источником загрязнения атмосферного воздуха из-за недостаточной эффективности улавливания пыли при дроблении сырья, обжиге шлама, помоле клинкера, транспортно-погрузочных операциях.

Широко распространены асфальтобетонные заводы, на которых массу, необходимую для дорожно-строительных работ, получают путем смешения песка, щебня, гравия и минерального порошка с битумом. Загрязнение воздуха связано прежде всего с использованием пылящих материалов.

Кирпичные заводы также относятся к производствам, загрязняющим атмосферный воздух пылью за счет ее образования на участках подготовки сырья и печей обжига, оксидом углерода за счет сжигания топлива и выгорания добавок при обжиге кирпича в печах.

В строительстве широко используются изделия из древесины. При этом нередко их обрабатывают путем пропитки разными антисептиками, например на шпалопропиточных производствах. Здесь загрязняющие атмосферный воздух вещества поступают при выгрузке шпал из цилиндров, в которых пропитка идет при температуре выше 100 °С, а также при остывании шпал. При этих процессах в атмосферный воздух поступают нафталин, аценафтен, фенол, антрацен и другие соединения.

Автомобильный транспорт.

В отработавших газах автотранспорта идентифицировано более 200 различных химических веществ, в их числе продукты неполного сгорания топлива (оксид углерода, альдегиды, кетоны, углеводороды, в том числе канцерогенные, водород, перекисные соединения, сажа); продукты термических реакций азота с кислородом, за счет чего образуются оксиды азота; вещества, которые входят в состав топлива (соединения свинца, диоксид серы и др.).

Количество и состав отработавших газов определяются конструктивными особенностями автомашин, режимом работы их двигателей, техническим состоянием, качеством дорожного покрытия, метеорологическими условиями. Особенностью работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в условиях города являются переменные нагрузки, когда с режима холостого хода происходит переход на режим разгона, режим установившейся работы и, наконец, торможение. Наиболее высокие концентрации оксида углерода в отработавших газах имеют место при работе двигателя на холостом ходу и при полных нагрузках. При работе двигателя на холостом ходу содержание оксида углерода в 2 раза выше, чем при установившемся режиме работы двигателя.

Для повышения октанового числа бензина к нему добавляют различные антидетонационные присадки. В течение многих лет широко применялся тетраэтилсвинец; в последние годы его использование существенно ограничено и применяют менее токсичные антидетонаторы.

Отработавшие газы автомобилей с дизельными двигателями по своему составу отличаются от таковых автомобилей с карбюраторными двигателями. При работе дизельного двигателя меньше образуется оксида углерода и несгоревших углеводородов. Однако за счет избытка воздуха в отработавших газах повышено содержание оксидов азота. Отработавшие газы при использовании дизельного топлива характеризуются также повышенной дымностью. Черный дым представляет собой продукт неполного сгорания и состоит из частиц углерода размером 0,1-0,3 мкм. Белый дым образуется из частиц испарившегося топлива и капелек воды и выбрасывается при работе двигателя на холостом ходу. В его составе присутствуют в основном альдегиды, обладающие раздражающим свойством. Голубой дым образуется при охлаждении на воздухе отработавших газов. Он состоит из капелек жидких углеводородов. Выбросы дизельных автомобилей содержат также БП и другие канцерогенные ПАУ.

При характеристике автомобильного транспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха большое значение имеет характер формирования транспортных потоков, который в городах носит импульсивный характер: движение с постоянной скоростью может прерываться или тормозиться, после чего следует набор скорости. Увеличение плотности транспортных средств в потоке на магистралях и дорогах ведет к сокращению продолжительности режима установившегося движения и увеличению времени разгона, которое характеризуется наиболее интенсивным выбросом отработавших газов. Большое значение имеют интенсивность и плотность транспортных потоков. При малой плотности потока (10 авт/км) возможно движение со свободной скоростью, при групповом движении (11-30 авт/км) падение скорости потока ведет к дополнительному расходу топлива. Наконец, при колонном движении (31-100 авт/км) скорость потока снижается вплоть до затора, что еще больше увеличивает расход топлива.

Расход топлива зависит также от скорости движения автомобилей, состава транспортных потоков, используемых циклов регулирования дорожного движения.

Железнодорожный транспорт также является одним из источников загрязнения атмосферы. Количество отработавших газов дизельных двигателей тепловозов и содержание отдельных токсичных компонентов в них зависят от режима работы двигателя, содержания серы в дизельном топливе.

Агропромышленный комплекс

Пестициды. Современное сельское хозяйство трудно представить без применения пестицидов. Важной особенностью пестицидов является их неизбежное проникновение в окружающую человека природную среду, в том числе и в атмосферный воздух, поскольку они преднамеренно вводятся в него.

Загрязнение атмосферного воздуха пестицидами зависит от метеорологических условий. При более высокой температуре в жарких районах страны концентрация фосфорорганических пестицидов в воздухе может быть в 6-10 раз выше, чем при умеренной температуре в средней полосе.

Дальность распространения пестицидов в воздухе зависит и от способа обработки посевов. Вентиляторное опрыскивание ведет к сносу препарата в сторону от обрабатываемого участка за счет ветра и турбулентной диффузии. При этом способе обработки концентрация пестицидов более высокая, чем при шланговом способе. Аэрозольный генератор может приводить к загрязнению атмосферного воздуха на расстоянии больше 5 км от места обработки. Большое значение имеет так называемое вторичное загрязнение атмосферного воздуха пестицидами, обусловленное испарением препаратов, попавших на поверхность почвы и растений.

По скорости испарения с поверхности почвы все препараты подразделяются на 4 группы. С каждого гектара площади, обработанной препаратами 1-й группы, испаряется в год 0,1 кг, 2-й группы — 0,2-0,3 кг, 3-й группы — 3-6,5 кг, 4-й группы — 7-14 кг препарата.

При протравливании зерна атмосферный воздух может загрязняться ртутьорганическими соединениями, которые обнаруживали на расстоянии до 600 м от работающей протравливающей машины. Если протравливание зерна производят на необорудованных площадках, неправильно организованы работы и используются машины, которые не отвечают гигиеническим требованиям, то загрязнение атмосферного воздуха неизбежно.

Источниками загрязнения атмосферного воздуха могут стать и склады ядохимикатов. Известны случаи, когда неорганические препараты в атмосферном воздухе обнаруживали на расстоянии 500 м, хлорорганические вещества — 600 м, а фосфорорганические соединения — даже на расстоянии 900 м от складов.

На объектах агропромышленного комплекса имеются ядохимикаты с истекшим сроком годности или запрещенные к применению препараты. Вопрос об их утилизации и ликвидации решается с трудом. В случае решения об их переработке или уничтожении большое значение имеет гигиеническая оценка соответствующих технологических процессов с точки зрения предотвращения загрязнения атмосферного воздуха.

Индустриальные животноводческие комплексы. Среди проблем, возникающих в связи с переводом животноводства и птицеводства на промышленную основу, особое значение приобретает загрязнение атмосферного воздуха за счет образования и накопления значительных количеств навоза, навозной жижи и помета.

При разложении органических азотистых соединений образуется аммиак, при гниении органических белковых веществ, содержащих серу, выделяется сероводород. Ферментативные процессы брожения сопровождаются образованием альдегидов, спиртов, сложных эфиров, жирных кислот. Неприятные запахи обусловлены такими соединениями, как пептоны, аминокислоты, триэтиламин, сероводород, меркаптаны, фенол, индол, скатол. Степень загрязнения атмосферного воздуха и дальность распространения указанных веществ зависят от количества поголовья скота или птицы, условий их содержания, санитарного состояния помещений и территорий ферм и комплексов, особенностей сбора, хранения и использования образующихся жидких и твердых отходов.

По мере увеличения расстояния от комплекса концентрация аммиака и процент проб воздуха с превышением ПДК снижаются. Вероятное снижение концентрации аммиака и процента проб с превышением ПДК может происходить на расстоянии не менее 4-5 км.

Особенностью предприятий животноводства является также загрязнение атмосферного воздуха микроорганизмами. При этом в атмосферном воздухе могут быть обнаружены споровые и пигментные колонии, термофилы, грибы и актиномицеты. По мере удаления от свиноводческого комплекса количество микробов в атмосферном воздухе уменьшается, и зона за пределами 2000 м может считаться свободной от загрязнения.

На территории комплексов крупного рогатого скота в воздухе может содержаться от 50 до 20 000 микробов в 1 м³. На расстоянии 100 м содержится около 800 микробов, 500 м — 650, 1000 м — 400, 1500 м — 150, на расстоянии 2500 м их количество снижается до 25-100 в 1 м³ воздуха.

55. Закономерности распространения загрязнений в атмосферном воздухе. Самоочищение атмосферного воздуха.

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.

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, ТЭС, котельные в теплое время года работают с меньшей мощностью и поэтому расходуют меньше топлива. Следовательно, выбросы золы, сажи и серы диоксида уменьшаются.

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.

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), низкие ($H = 2—10$ м) и наземные ($H < 2$ м) источники выбросов. На основании фундаментальных исследований, 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.

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.

Хлорорганические пестициды распространяются в радиусе 600 м от складов хранения. Их концентрация уменьшается в атмосферном воздухе по мере удаления. 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 рассеивания 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 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 предприятия 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.

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 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.

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.

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

По температуре выходящей ГВС выбросы подразделяют на: очень нагретые, умеренно нагретые, слабо нагретые, изотермические и холодные. 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.

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 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 $\sim 10,8\text{ км}$. При этом средняя температура на высоте $10,8\text{ км}$ составляет 288 К . Стандартный, или нормальный, температурный градиент равен $0,66\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$.

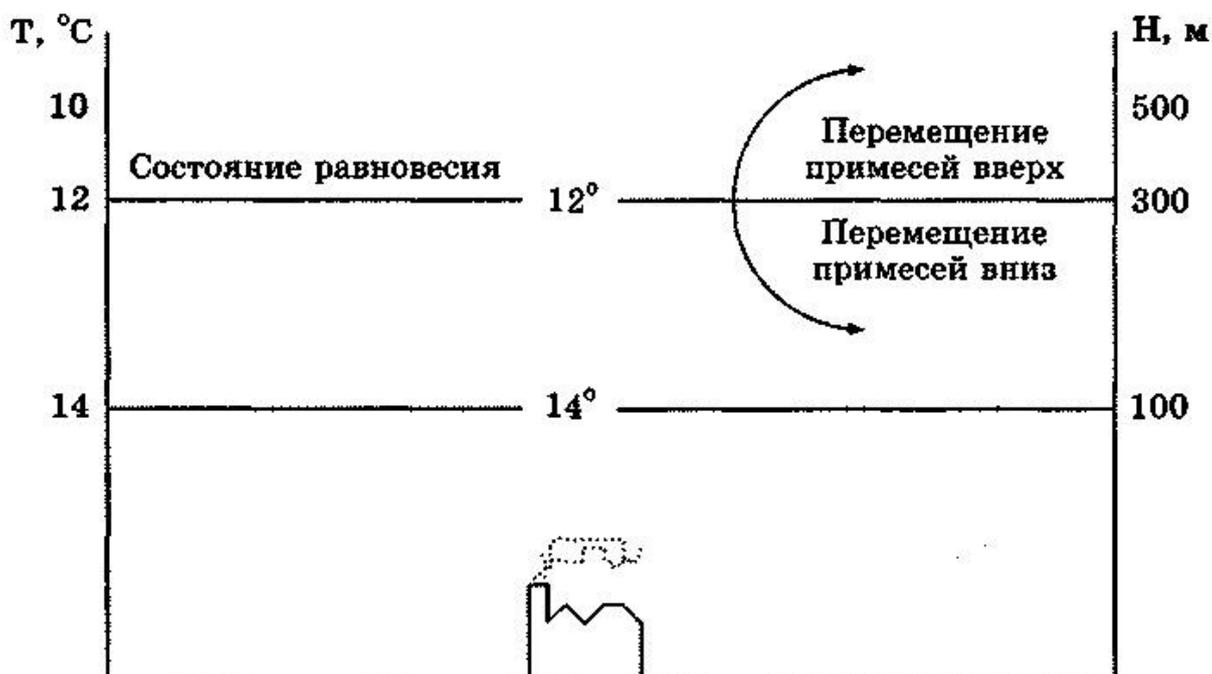


Рис. 5. Безразличное состояние атмосферы

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ВОЗДУХЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

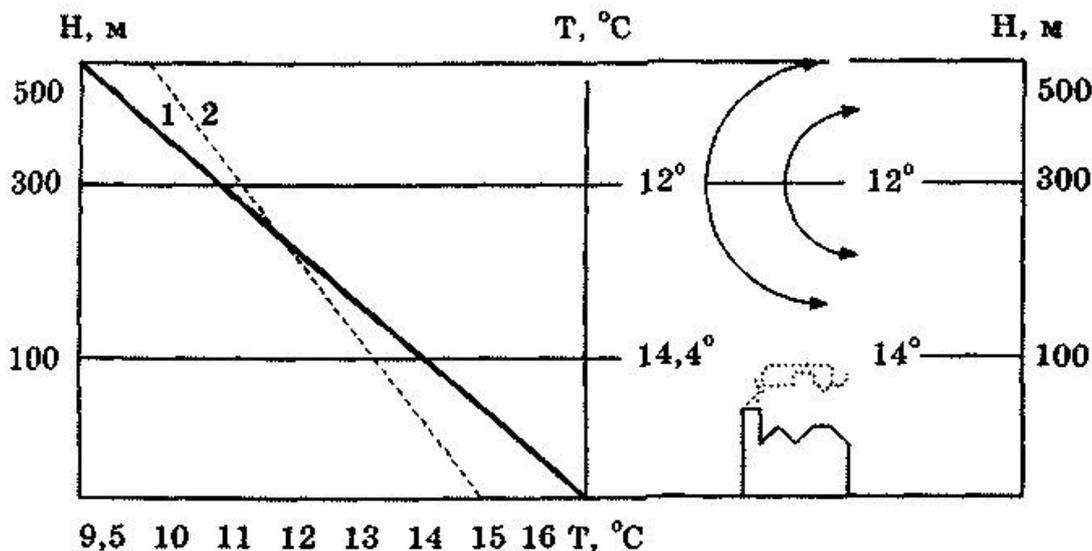


Рис. 6. Неустойчивое состояние атмосферы:

1 — сверхадиабатический градиент; 2 — сухоадиабатический градиент

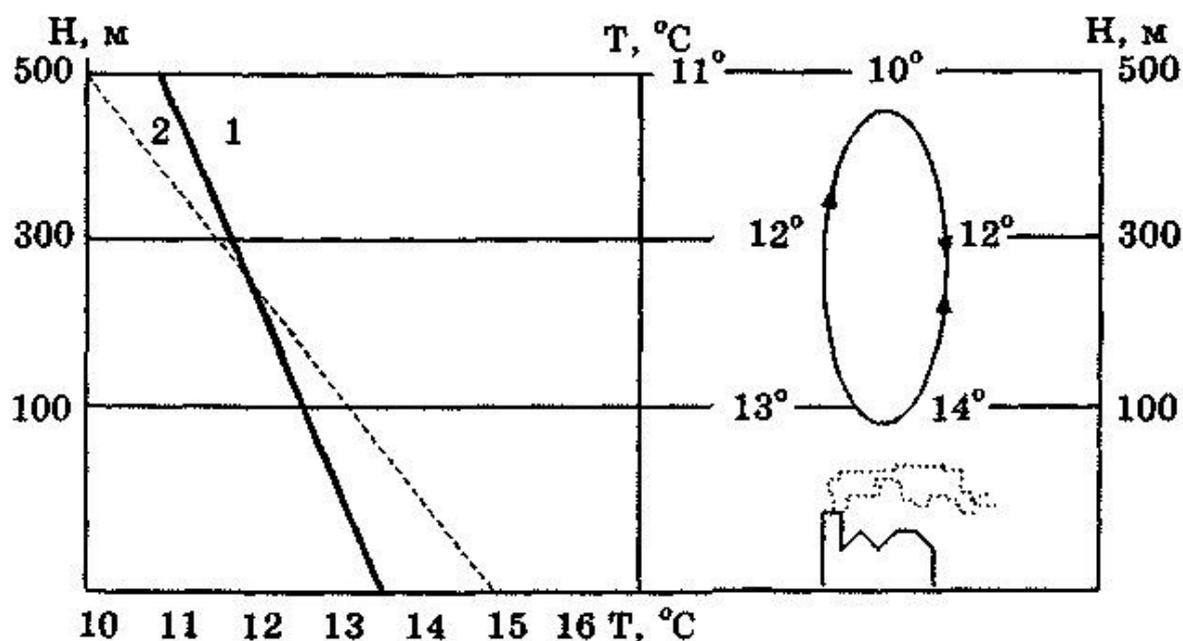


Рис. 7. Устойчивое состояние атмосферы:

1 — ниже адиабатического градиента; 2 — сухоадиабатический градиент

Изменение температуры воздуха на 1°C на каждые 100 м вертикального слоя воздуха соответствует сухоадиабатическому градиенту. Сухоадиабатический вертикальный температурный градиент (минусовый температурный градиент) является индикатором устойчивости атмосферы (способности атмосферы препятствовать вертикальным движениям и сдерживать турбулентность). Исходя из представления о сухоадиабатическом температурном градиенте и фактических изменениях температуры по вертикали, определяют три типичных состояния атмосферы: безразличное (рис. 5), неустойчивое (рис. 6) и устойчивое (рис. 7).

При безразличном (нейтральном) состоянии атмосферы вертикальный температурный градиент примерно равен сухоадиабатическому вертикальному. И любой объем воздуха, перемещающийся вверх или вниз, будет иметь такие же свойства (плотность, температуру в $^{\circ}\text{C}$), как и масса воздуха, его окружающая.

При неустойчивом состоянии атмосферы (конвективном, сверхадиабатическом) вертикальный температурный градиент больше сухоадиабатического. Это означает, что вертикальный температурный градиент более отрицательный, чем сухоадиабатический 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 сухоадиабатического 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.

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.

Влияние неровностей местности на уровень приземной концентрации связано с изменением характера движения воздуха, что приводит к изменению поля концентраций. В низинах наблюдаются явления застоя воздуха, что повышает опасность накопления загрязнений. При высоте отметок 50—100 м с углом наклона 5—6° отличие максимальных концентраций может достигать 50% при относительно невысоких трубах. Влияние рельефа уменьшается с повышением высоты выброса. Большое значение имеет расположение источника на подветренном или наветренном склоне. Увеличение концентрации может наблюдаться и при расположении источника выброса на возвышенности, но вблизи подветренного склона, где снижаются, скорости ветра и возникают нисходящие течения.

Влияние неровностей местности на характер движения воздуха настолько сложно, что требует иногда моделирования условий с целью определения характера распространения промышленных выбросов. В настоящее время имеются предложения по введению коэффициентов, учитывающих влияние рельефа на рассеивание выбросов.

Падение концентраций атмосферных загрязнений происходит вследствие не только разбавления выброса воздухом, но и постепенного самоочищения атмосферы. В основе самоочищения лежат различные физические, физико-химические и химические процессы. Прежде всего необходимо указать на процессы седиментации. Выпадение взвешенных веществ из атмосферного воздуха— общеизвестный факт. Однако этот положительный с точки зрения чистоты атмосферы процесс причиняет большие неприятности населению, проживающему вблизи мест выброса, так как оседающая пыль сильно загрязняет здания, оконные стекла, домашнюю обстановку и т. п. Процесс седиментации быстро освобождает атмосферу только от грубых частиц. Дальнейшее самоочищение атмосферы за счет седиментации происходит крайне медленно. Следует учесть также, что для последних десятилетий характерны переход от слоевого сжигания топлива к пылеугольному и повышение в результате этого дисперсности уноса. Еще в большей степени сказанное относится к газообразным загрязнениям атмосферы. Процесс нейтрализации и связывания газов в открытой атмосфере имеет место, однако средний срок «жизни» в атмосфере газообразных соединений достаточно длителен, например для сернистого газа он составляет 1 сут.

Определенную роль в освобождении атмосферы от загрязнений играет зеленая растительность вследствие как механической сорбции на поверхности, так и химического связывания некоторых

соединений. Процессы самоочищения атмосферы находятся в известной зависимости от количества и интенсивности атмосферных осадков. Освобождение атмосферного воздуха от загрязнений при выпадении осадков в зимнее время интенсивнее, чем в летнее.

Таким образом, процессы самоочищения атмосферы, несомненно, имеют место в естественных условиях и играют определенную роль в освобождении ее от загрязнений. Однако самоочищение идет крайне медленно. Если бы процессы самоочищения протекали быстро, то накопления больших количеств загрязнений в период антициклонов и температурной инверсии не происходило бы, не наблюдались бы переносы загрязнений на большие расстояния, а также случаи массовых отравлений населения. Поэтому в санитарной практике мы должны рассчитывать не на самоочищение атмосферы, а на активные меры ее защиты и прежде всего на снижение выбросов в атмосферу.

56. Влияние атмосферных загрязнителей на здоровье населения и санитарно-бытовые условия жизни.

Гигиеническое значение атмосферного воздуха и его загрязнения

Атмосфера представляет собой один из основных элементов среды обитания человека. Помимо обеспечения обмена кислорода, известны многообразные направления воздействия атмосферного воздуха на человека. Он влияет как физическое тело за счет давления, температуры, влажности, скорости движения, электрического состояния. Еще более важным является влияние воздуха, связанное с его химическим составом. Химический состав атмосферного воздуха должен обеспечивать существование человека без напряжения компенсаторных физиологических механизмов. Профессор Ф.Ф. Эрисман отмечал, что воздух является самой общей средой из всех, с которыми человек приходит в соприкосновение, и при изменении своего природного химического состава и своих физических свойств может нарушать гармоническое равновесие организма.

Через легкие за сутки проходит около 10 тыс. литров воздуха, в котором могут содержаться взвешенные вещества различной природы и происхождения, органические и неорганические газообразные примеси, микроорганизмы. Резистентность организма к загрязнению воздуха обусловлена эффективностью системы местной иммунной защиты. Выделяют неспецифические и специфические механизмы защиты. Первые направлены против любого чужеродного объекта, вторые реализуются с помощью местного иммунного ответа клеток лимфоидной ткани.

Вещества, присутствующие в атмосферном воздухе, поступают в организм человека главным образом ингаляционным путем. В легких, а именно в альвеолах, происходит тесный контакт воздуха и крови, вследствие чего ингалированные вещества переходят в артериальную кровь. Количество загрязняющего воздуха вещества, перешедшего в кровь, зависит от его растворимости, скорости и турбулентности потока воздуха, диффузионной проницаемости границ воздух-ткань и самой ткани, объема ткани, которая способна поглощать вещество, скорости обмена жидкостью между тканями и других факторов.

Большое значение для проявления токсических свойств вещества имеет присущий ему коэффициент распределения масло/вода. Известно, что вещества с высоким коэффициентом при повышенном их содержании в воздухе достаточно быстро насыщают кровь, ткани, клетки; к их числу относятся бензин, фреоны, бензол и др. Вещества с малым коэффициентом медленно насыщают организм, в силу чего развитие интоксикации также замедляется; в эту группу входят этиловый спирт, ацетон, этиленгликоль. Следует иметь в виду также возможность всасывания загрязняющих веществ из атмосферного воздуха через кожные покровы.

Немаловажным является вопрос о судьбе химических веществ, поступивших в организм человека с вдыхаемым воздухом. Во-первых, они могут накапливаться в тех или иных внутренних органах, нервной системе (например, ртуть, свинец, стронций и др.). Во-вторых, имеют место различные химические их превращения в организме под влиянием ферментов (биотрансформация). В большинстве случаев при этом образуются менее токсичные продукты, которые легче выводятся из организма (например,

фосфорорганические пестициды). Однако в ряде случаев возможно образование более токсичных соединений.

. История возникновения проблемы загрязнения атмосферного воздуха, ее современное состояние

Ученые предполагают, что 4,5-5 млрд лет назад атмосфера Земли имела состав, близкий к составу вулканических выбросов, которые состоят в основном из водяного пара, диоксида углерода и азота. В процессе охлаждения первобытной Земли сильные дожди в основном вымыли из атмосферы диоксид углерода, и он осел на дне океанов в виде карбонатов. Появившиеся около 3 млрд лет назад примитивные живые организмы (хемотробы) питались химическими веществами, растворенными в воде, в которой они жили, в том числе и карбонатами, из которых формировалось их тело.

Со временем у живых существ (растений) развился механизм фотосинтеза, в основе которого лежит процесс ассимиляции углерода из его диоксида (углекислого газа) с помощью солнечной энергии. Используя солнечную энергию и диоксид углерода для самостоятельного синтеза органических соединений, эти организмы стали продуцировать кислород, который выделялся в атмосферу и постепенно в ней накапливался. С накоплением кислорода в атмосфере началась новая эра в истории Земли — эра аэробной жизни. За многие тысячелетия выработалось устойчивое равновесие между потреблением диоксида углерода растениями, выделением ими кислорода и содержанием этих газов в атмосфере. Это равновесие существовало многие миллионы лет, до тех пор, пока человек не начал потреблять ископаемое топливо (каменный уголь, а затем нефть, природный газ и сланцы), представляющее собой многовековые захоронения углерода растений, извлеченного ими в свое время из атмосферы и отоземли. Скорость этого потребления многократно превосходила скорость накопления, да к тому же потребление (сжигание) производилось на территории города, т. е. на территории с высокой концентрацией людей и топков. Это приводило к локальному нарушению давно сложившегося экологического равновесия и неблагоприятно сказывалось на условиях жизни горожан, что нашло свое отражение в исторических литературных памятниках.

Около 24 г до н.э. в одах Горация упоминается загрязнение воздуха поселений дымом. Позднее римский философ Сенека писал: «Я почувствовал перемену в настроении, лишь только покинул смрадный воздух Рима, воняющий дымными печами, которые изрыгают отвратительный чад и сажу». В средние века типичным примером города с загрязненной атмосферой на многие годы становится Лондон. В 1273 г. был издан королевский указ, запрещающий сжигать уголь в печах. Спустя примерно 300 лет королева Елизавета I еще раз запретила использовать уголь в качестве топлива в Лондоне в дни заседаний парламента. В памфлете против использования угля в промышленности в 1661 г. натуралист Джон Эвелин писал: «В то время как во всех других местах воздух прозрачен и чист, здесь висит такое облако серы, что солнце, дающее дневной свет повсюду, едва проникает в город; усталый путник за много миль скорее почувствует запах, чем увидит город, к которому он стремится». Люк Хоуард дал точное описание одного из случаев загрязнения атмосферного воздуха Лондона 16 января 1826 г.: «Вчера в час дня туман над городом был такой плотный, как только можно себе представить. В магазинах и конторах зажгли лампы и свечи, экипажи на улицах не решались двигаться быстро. В то же время в пяти милях от города сверкало солнце, а атмосфера была безоблачной и прозрачной». Приведенные примеры можно назвать вехами в возникновении проблемы загрязнения атмосферного воздуха.

Уже в XVII веке было известно, что загрязнение воздуха дымом, сопровождающееся неприятным раздражающим запахом, обусловлено наличием в каменном угле серы. Позднее среди загрязняющих атмосферный воздух веществ выделили также соляную кислоту и другие вещества. Начиная с XIX века в атмосферный воздух городов в связи с развитием промышленности во все возрастающем количестве стали поступать многие другие загрязняющие вещества, например оксиды азота, фтористый водород, углеводороды и др., обладавшие высокой биологической активностью.

Вначале неблагоприятное влияние загрязненного городского воздуха на здоровье распространялось на ограниченную часть населения, в основном на тех, кто жил в непосредственной близости от небольших и малотоннажных фабрик того времени. При сравнительно небольших объемах выбросов и рассеивании их в атмосферном воздухе заметного влияния на состояние здоровья населения они не оказывали. Однако в результате индустриализации, охватившей во второй половине XIX и в XX веке большинство стран мира, прежде всего Европу и США, появились многотоннажные производства, новые отрасли промышленности, которые начали оказывать существенное влияние на состояние атмосферного воздуха не только на локальном и региональном уровне, но и в масштабах государств, континентов и на глобальном уровне.

Итак, главной причиной загрязнения атмосферного воздуха являются концентрация промышленного производства в эпоху индустриализации и связанная с ним концентрация населения в городах.

В России внимание к охране атмосферного воздуха от промышленного загрязнения стало проявляться с начала XX столетия. Отечественные гигиенисты в этот период обращают внимание на загрязнение атмосферного воздуха городов, свидетельством чему является ряд публикаций (И.П.Скворцов, А.Н.Доброславин и др.). К этому времени вопросы санитарной охраны атмосферного воздуха в России не имели законодательного регулирования, как, например, в ряде стран Европы (Англия, Бельгия и др.). На сессии IV Государственной думы в 1914 г. обсуждался проект закона «О санитарной охране атмосферного воздуха, воды и почвы», в котором предусматривалась одна статья, посвященная охране воздуха: «Земские и городские установления обязаны принимать меры к охране воздуха от загрязнения зловонными и вредными газами, дымом и пылью». Однако проект был отклонен Думой.

Высокие темпы развития в начале XX века в Советском Союзе угледобывающей, металлургической, химической промышленности, строительство крупных тепловых электростанций и других промышленных объектов поставили вопросы санитарной охраны атмосферного воздуха в число первоочередных. Известный гигиенист и организатор здравоохранения Г.В. Хлопин в работе «Химическая промышленность и народное здоровье» (в 4 томах, 1920-1924) указывал на возможное вредное воздействие выбросов предприятий отрасли на здоровье человека, в том числе и через загрязненный атмосферный воздух.

В 1929-1930 гг. первые исследования по изучению загрязнения атмосферного воздуха были проведены в крупных промышленных центрах Днепропетровске и Харькове. Было показано, что по количеству выбросов в атмосферный воздух твердых веществ Харьков занимает одно из первых мест в мире. В 1929 г. рассматривался вопрос о намечающемся строительстве в Москве двух мощных ТЭЦ, работающих на подмосковном угле, при сжигании которого выделяется большое количество диоксида серы и золы. В 1934 г. по инициативе Наркомата здравоохранения не были утверждены проекты планирования Нижнего Тагила, Красноуральска в связи с неблагоприятным размещением промышленной и селитебной территорий, что привело бы к загрязнению атмосферного воздуха селитебной зоны.

Создание в ряде санитарных научно-исследовательских институтов отделов планировки населенных мест или гигиены атмосферного воздуха содействовало активизации научных исследований по изучению загрязнения атмосферного воздуха и разработке мероприятий по борьбе с ним. В одном из первых выпусков сборника трудов Санитарного института им. Ф.Ф. Эрисмана проф. С.П. Розанов писал: «Дело охраны чистоты воздуха переживает период накопления достоверных, научно установленных фактов условий загрязнения, установления путем санитарных исследований и химических анализов размеров и концентраций поступающих в атмосферу пылевых частиц и газовых элементов, изучения естественных условий, ослабляющих их влияние». В сборнике, посвященном гигиеническим проблемам Донбасса, известный гигиенист А.Н. Марзеев отмечал: «Проблема борьбы с загрязнением воздуха является новой как по методике и организации исследований в этой области, так и по законодательным и санитарно-

техническим мероприятиям, которые должны быть выработаны и проведены в деле охраны чистоты воздуха».

Большую роль в деле охраны атмосферного воздуха сыграла Всесоюзная конференция по охране чистоты атмосферного воздуха, которая состоялась в апреле 1935 г. в Харькове. На ней была отмечена значительная степень загрязнения атмосферного воздуха в целом ряде городов и промышленных районов СССР. Было высказано также мнение о важности активизации научно-исследовательских работ, направленных на борьбу с загрязнением атмосферного воздуха: «В области профилактики загрязнений атмосферного воздуха городов промышленными предприятиями, в деле устранения, утилизации и очистки промышленных дымов и газов научно-исследовательская, конструкторская работа не получила до сих пор сколько-нибудь значительного развития и не дала тех методов и аппаратов по дымо- и газоочистке, какие могли бы быть на сегодня широко рекомендованы как вполне эффективные и экономически рентабельные». В материалах конференции были отражены важные вопросы и новые положения в области охраны атмосферного воздуха. В частности, речь шла об установлении в законодательном порядке научно обоснованных норм содержания взвесей и диоксида серы в воздухе у дымовых труб предприятий, о необходимости гигиенической экспертизы проектов строительства и реконструкции промышленных предприятий, о планомерном выведении из селитебных районов городов вредных в гигиеническом отношении предприятий, об организации санитарного надзора за чистотой атмосферного воздуха.

Всесоюзная государственная санитарная инспекция (ВГСИ) в 1937 г. направила местным органам предписание об организации санитарного надзора за чистотой атмосферного воздуха.

В числе важнейших задач санитарных органов вопросы санитарной охраны атмосферного воздуха обсуждались в 1937 г. на совещании республиканских коммунальных санинспекторов. Профессор А.Н. Сысин в докладе указал: «...прежде всего надо двинуть дело санитарной охраны воздуха. До сих пор все это было только теоретически, но пора уже заняться этим вопросом практически... Здесь, мне кажется, придется начинать сначала». При этом он отметил необходимость разработки нормативов и правил в области охраны чистоты воздуха в городах, скорейшей выработки и унификации методик исследования воздуха.

В 1938 г. на Второй конференции по охране атмосферного воздуха были определены новые задачи, в том числе методика исследования дымовых газов в санитарной практике; изучение эффективности электрофильтров; борьба с загрязнением атмосферного воздуха отработавшими газами автотранспорта. На конференции были обозначены и новые задачи: классификация атмосферных загрязнений; разработка санитарных нормативов допустимых концентраций выбросов в атмосферный воздух; выработка планировочных нормативов (районирование размещения промышленности, зоны разрывов промышленных предприятий от селитебных территорий).

В 1939 г. ВГСИ утвердила «Инструкцию по работе госинспекции в области охраны чистоты атмосферного воздуха», в которой была сформулирована задача осуществления санитарного контроля для предохранения населения от воздействия производственных выбросов, загрязняющих атмосферный воздух (дым, копоть, газы, пары, пыль, неприятные запахи).

На совещании по борьбе с загрязнением атмосферного воздуха Москвы (1940) было высказано мнение о том, что производство газоочистной аппаратуры удовлетворяет потребности промышленности не более чем на 30%.

При восстановлении разрушенных во время Великой Отечественной войны промышленных предприятий и городов вопросы охраны атмосферного воздуха находились в поле зрения государственных органов и научных и практических учреждений санитарно-гигиенического профиля. То, что не удалось сделать в предвоенные годы и годы войны, было реализовано вскоре после ее окончания. В частности, была разработана методология гигиенического нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В

1949 г. проф. В.А. Рязанов опубликовал в журнале «Гигиена и санитария» статью «Принципы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений». Спустя 2 года были утверждены первые предельно допустимые концентрации (ПДК) 10 наиболее широко распространенных веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Как отмечал В.А. Рязанов, «нормативы такого рода позволяют гигиенисту в каждом конкретном случае формулировать свои требования в количественной форме, указывая, какой именно величины должна быть зона разрыва, каков должен быть в данной конкретной ситуации коэффициент полезного действия очистных сооружений и т.д. Нормативы позволяют также находить количественное выражение для оценки степени эффективности осуществленных оздоровительных мероприятий».

Острота проблем, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, нарастала не только в нашей стране. Еще в большей степени эти проблемы беспокоили население и специалистов в развитых странах мира в связи с огромными объемами загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями различных отраслей промышленности и транспортными средствами и выраженным их влиянием на здоровье и условия жизни людей. Но, несмотря на принимавшиеся предупредительные меры, проблема загрязнения атмосферного воздуха приобретала глобальный характер.

По отношению ко всей массе атмосферного воздуха на планете (около 5000 трлн т) масса техногенных соединений составляет не более 0,0001%. Но к этой малой величине отношение меняется, если учесть, что 94-97% всех выбросов диоксида серы, оксидов азота и углеводородов приходится на Северное полушарие, где проживает большая часть населения Земли, а количество диоксида серы, выпадающее на 1 км² территории крупного города, может достигать 50 т в год!

Глобальные экологические проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха

В последние десятилетия сформировалось устойчивое мнение о глобальном характере загрязнения атмосферного воздуха и обозначились связанные с этим основные глобальные экологические проблемы.

В числе первых можно назвать проблему трансграничного (и трансконтинентального) переноса загрязнений атмосферного воздуха, источник которых расположен на территории иностранного государства.

Перенос загрязняющих веществ природного происхождения (вулканическая пыль, степные пыльные бури) с атмосферным воздухом имел место всегда. Однако в последние десятилетия проблема трансграничного переноса привлекла внимание международного сообщества в связи с нарастанием выбросов в атмосферный воздух химических веществ из антропогенных источников. В 1979 г. в рамках Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН была принята «Совместная программа наблюдений и оценки переноса загрязняющих веществ в Европе» (ЕМЕП). Программа дает возможность регулярно оценивать концентрации в воздухе, объемы и распределение плотности выпадений контролируемых веществ на территориях и акваториях 49 государств-участников Конвенции. В ней рассматриваются суммарные трансграничные выпадения, а также их доли от конкретных стран — сторон Конвенции. В суммарные трансграничные выпадения включают выпадения от национальных источников, от источников в государствах-участниках Конвенции и других странах, от природных источников (вулканов, морей).

На Европейской территории России (ЕТР) в 2002 г. за счет западного переноса из Западной Европы, Прибалтийского региона, Украины выпало 3321 т тяжелых металлов — свинца, ртути, кадмия, более 23 т стойких органических соединений — бенз(а)пирена, нолихлорированных бифенилов, диоксинов, фуранов и других веществ, которые подпадают под действие Конвенции. Установлено, что суммарные

выпадения свинца на ЕТР составили 3195 т, в том числе 1731 т за счет трансграничных переносов западными ветрами и 1464 т от российских источников. Наибольший вклад в трансграничный перенос свинца приходится на Украину — 89,8 т, Польшу — 61,5 т, Италию — 46,2 т, Румынию — 43 т. Кадмия выпало на ЕТР 99,1 т, из них 65,0 т за счет трансграничных переносов. Выпадения ртути на ЕТР в сумме составили в 2002 г. 26,9 т, из них 23,3 т за счет трансграничных переносов. По данным ЕМЕП, в 2002 г. бенз(а)пирена выпало 18,9 т, из них 12,45 т за счет трансграничных переносов. Поступление полихлорированных бифенилов колеблется от 0,1 до 4 г/км². Наибольшие их выпадения отмечены на территориях севера России, при этом из 4,3 т на долю трансграничных переносов приходится 60%. В том же году в результате трансграничного переноса на почву и акватории ЕТР выпало около 2 млн т оксидов серы и азота. Эти соединения, реагируя с тяжелыми металлами и высокотоксичными органическими соединениями, увеличивают их подвижность в почве, водах и донных осадках, а также вызывают их подкисление. В то же время более 60% серы, которая поступает в атмосферный воздух в пределах ЕТР, переносится на восток — в Уральский регион и Сибирь.

С трансконтинентальным переносом техногенных загрязнений атмосферы связана и вторая глобальная проблема загрязнения атмосферы — появление так называемых кислотных дождей. Известно, что при сжигании Ют угля с содержанием 5% серы может образовываться около 1 т диоксида серы. Наряду с этим при сжигании угля или мазута в атмосферный воздух поступают также оксиды азота. Диоксид серы и оксиды азота в атмосфере быстро вступают в химические реакции, Первый окисляется до триоксида серы, который, растворяясь в капельках атмосферной влаги, образует серную кислоту. Оксид азота окисляется до диоксида азота, после чего в результате его взаимодействия с атмосферной влагой образуется азотная кислота. Указанные кислоты и их соли обуславливают выпадение кислотных дождей. Активная реакция (рН) воды в таких дождях снижается до 2,6-3,6. В большой мере воздействие кислотных дождей сказывается на урожайности многих сельскохозяйственных культур. В этом проявляется косвенное влияние кислотных дождей на условия жизни человека.

Кислотные дожди агрессивны по отношению к извести, бетону и поэтому способствуют разрушению памятников архитектуры и истории, а также жилых зданий. Примеры подобного действия имеются во многих городах, особенно старых. Можно в качестве примера привести эрозию кариатид, которые украшают Акрополь в Афинах; уничтожение произведений фресковой живописи на покрытых известковым раствором стенах церквей и монастырей старых городов, например в капелле Скровеньи в Падуе (Италия), выполненных Джотто в начале XIV века. Чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха также изделия из мрамора. Под действием кислотных дождей кальцит в мраморе превращается в гипс, который легче поддается разрушительному действию влаги. Вследствие этого нанесен значительный ущерб таким памятникам культуры, как Парфенон, Колизей, Тадж-Махал и др.

Воздействие кислотных дождей на здоровье человека может проявляться при подкислении воды водных объектов, особенно если это касается объектов, используемых для централизованного питьевого водоснабжения. Повышая подвижность тяжелых металлов в почве, воде и донных осадках, кислотные дожди способствуют вовлечению их через растения и рыбу в пищевые цепи. Это явление можно отнести ж прямому (опосредованному) влиянию на здоровье человека.

Весьма важной глобальной проблемой является изменение климата в связи с так называемым парниковым эффектом (загрязнением атмосферного воздуха парниковыми газами). К парниковым газам относятся диоксид углерода, метан, оксиды азота, хлорфторуглеводороды, перфторуглеводороды, а также гексафторид серы — побочный продукт при выплавке алюминия и один из самых сильнодействующих среди остальных.

Хлорфторуглеводороды в течение многих лет используются в холодильниках, кондиционерах и других установках в качестве так называемых хладагентов. Они могут поступать в атмосферу с выбросами про-

изводств пористых пластмасс, предприятий электронной и парфюмерной промышленности. Хлорфторуглероды негорючи, взрывобезопасны, химически инертны.

Парниковый эффект обуславливается тем, что солнечная энергия при достижении земной поверхности частично поглощается ею, частично отражается в пространство. При этом длинноволновое инфракрасное излучение, уходящее от Земли, поглощается диоксидом углерода атмосферы и другими парниковыми газами, что приводит к повышению температуры атмосферного воздуха. Чем больше содержится в атмосфере парниковых газов, тем больше поглощается инфракрасных лучей. Известно, что за последние десятилетия глобальный выброс диоксида углерода существенно увеличился. Специалисты отмечают, что по сравнению с XIX веком концентрации диоксида углерода в атмосферном воздухе увеличились почти на 1/3, оксидов азота — на 8%, метана — в 2 раза. В текущие годы фитопланктон океана и наземные растения способны поглотить только 44% промышленного диоксида углерода, остальная часть поступает в атмосферу. Другие соединения, способствующие развитию парникового эффекта, например метан, хлорфторуглероды, поглощают инфракрасное излучение в 50-100 раз интенсивнее, чем диоксид углерода. Хотя их выбросы в атмосферу существенно меньше, чем диоксида углерода, их влияние на температурный режим Земли сопоставимо с таковым диоксида углерода. При оценке парникового эффекта в качестве основной учетной единицы парниковых газов принимается тонно-эквивалент диоксида углерода, содержание в воздухе остальных парниковых газов пересчитывается к 1 т диоксида углерода через соответствующие коэффициенты. По прогнозам отечественных ученых, если темпы потребления ископаемого топлива не уменьшатся, концентрации парниковых газов будут нарастать; максимум их концентрации в атмосфере ожидается во второй половине XXII века.

Второй не менее важной стороной этой проблемы является продолжающееся уже несколько десятилетий стремительное уничтожение тропических влажных лесов в Африке, Южной Америке и Юго-Восточной Азии в связи с быстрым ростом населения и варварскими приемами лесопользования. Это обстоятельство, а также уменьшение продуктивности фитопланктона Мирового океана, связанное с загрязнением его поверхности нефтепродуктами, значительно снижают природный путь вывода диоксида углерода из атмосферы.

С парниковым эффектом связывают повышение среднегодовой температуры на планете и потепление климата, последствия которых разнообразны и до конца не оценены. По мнению некоторых ученых, при достижении содержания парниковых газов в атмосфере Земли 400-500 ppш (в настоящее время 336 ppш) произойдет потепление всей планеты на 1-1,5 °С, при содержании 600-700 ppш — на 4-5 °С. Если такой прогноз оправдается, это должно вызвать колоссальные изменения в биосфере: таяние полярных льдов, затопление больших приморских территорий, изменение водного баланса на обширных территориях, что в конечном счете неблагоприятно скажется на условиях жизни населения.

Следующей глобальной проблемой, связанной с техногенным загрязнением атмосферного воздуха, является воздействие хлорфторуглеродов на озоновый экран стратосферы, приводящее к образованию так называемых «озоновых дыр».

За многие века существования кислородной атмосферы Земли установилось динамическое равновесие кислорода и озона в стратосфере, а ныне существующие на Земле формы жизни адаптировались к той части спектра ультрафиолетового (УФ) излучения, которая профильтрована через озоновый экран.

Размер «озоновой дыры» над Южным полушарием в отдельные годы достигает 10 млн км², что соответствует площади Европы. В последующие годы подобные явления меньших масштабов наблюдались над Северной Америкой и Скандинавским полуостровом. Аномалии озонового слоя в атмосфере отмечались и над территорией России. В феврале 1995 г. над Сибирью вплоть до Урала зафиксировано заметное уменьшение концентрации озона до 40% обычной.

Одной из причин образования озоновых дыр считается загрязнение атмосферы хлорфторуглеводородами. При поступлении в атмосферный воздух они, не вступая ни в какие реакции, поднимаются в стратосферу, где разрушаются жестким ультрафиолетовым излучением, освобождая атомы хлора, взаимодействующие на основе радикальных реакций с озоном. В результате озон разрушается. Таким образом нарушается многовековое природное равновесие озона и кислорода в стратосфере. Разрушению озонового слоя стратосферы способствуют также оксиды азота, образующиеся при сгорании топлива турбореактивных двигателей авиации и космических аппаратов. В результате нарушения озонового экрана коротковолновое УФ-излучение, задерживаемое им, достигает поверхности Земли и может вызвать разнообразные негативные эффекты в биосфере планеты, а в популяции человечества повысить уровень онкологической заболеваемости.

Учитывая глобальный характер проблемы озонового экрана, международное сообщество подключилось к ее решению. Первая международная конвенция по мерам сохранения озонового слоя была заключена в 1985 г. в Вене. Позднее в Монреале был подписан протокол, который обязывал стран-участниц принять меры к сокращению применения и выбросов фреонов, заменив их другими хладагентами, не содержащими фтора и хлора. В результате реализации этих решений к 1996 г. выброс фреонов сократился до 160 тыс. т (к моменту принятия указанных решений в 1985 г. их выброс превышал 1 млн т).

Поскольку перечисленные проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха, являются глобальными, решение их возможно законодательными мерами в рамках международного права, а выработка этих мер должна осуществляться дипломатическими методами. Для обоснования необходимых профилактических мероприятий нужны консолидированные усилия ученых самого разного профиля и многолетние мониторинговые климатологические и метеорологические наблюдения за природными процессами и состоянием биосферы Земли. Таким образом, перечисленные глобальные проблемы, связанные с техногенным загрязнением атмосферного воздуха, несомненно, влияют прямо или косвенно на здоровье и условия жизни человека, однако в силу своей масштабности, механизмов развития они являются предметом климатологических и экологических исследований.

В то же время нарастание количества источников загрязнения атмосферного воздуха и их мощностей приводит к неблагоприятным изменениям непосредственно среды обитания человека на территории населенных мест, а это порождает проблемы коммунальной гигиены, синонимом которой является гигиена населенных мест.

Гигиенические проблемы, связанные с загрязнением атмосферного воздуха

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. Химический состав воздуха должен обеспечивать жизнедеятельность человека без напряжения компенсаторных физиологических механизмов, не говоря уже о возможности возникновения патологических сдвигов в организме человека.

Люди и раньше подвергались действию загрязняющих воздух веществ, у которых были и есть природные аналоги, но в последние десятилетия с выбросами предприятий ряда отраслей промышленности в атмосферный воздух попадают новые вещества, с которыми организм человека никогда не соприкасался. Например, к ним относятся упомянутые выше полихлорированные бифенилы, диоксины, некоторые из которых справедливо названы супертоксикантами. Многие из этой группы веществ обладают канцерогенным, мутагенным, эмбриотоксическим, гонадотоксическим, тератогенным и другими свойствами.

Аэрогенный (ингаляционный) путь поступления загрязняющих веществ играет особую роль, поскольку при нем загрязняющие воздух вещества из легких непосредственно поступают в большой круг кровообращения, центральную нервную систему и другие органы. Отмечено, что вещества, поступающие в организм человека через легкие, действуют в 80-100 раз сильнее, чем при поступлении через желудочно-кишечный тракт.

Если от употребления недоброкачественной воды или пищи можно воздержаться, то этого нельзя сказать о воздухе, которым человек дышит.

В силу того, что многие загрязняющие вещества не обладают ни запахом, ни вкусом, ни раздражающими свойствами, их присутствие в атмосферном воздухе населением практически не ощущается. Поэтому меры по защите населения от загрязняющих веществ часто оказываются несвоевременными, в связи с чем развиваются те или иные изменения в состоянии здоровья населения.

Загрязнение атмосферного воздуха приводит в городах к увеличению числа дней в году с туманами. Туманы отрицательно влияют на условия жизни людей: нарушают уличное движение, увеличивают количество уличных травм, при низкой температуре усиливается охлаждение тела человека, нарушается чувство теплового комфорта, угнетаются настроение и самочувствие. Отмечаются также потери ультрафиолетовой радиации — при сильном задымлении атмосферного воздуха они могут достигать 97%.

Поступление в атмосферный воздух пыли и сажи ведет к загрязнению жилища. Речь в данном случае идет не только об ухудшении качества воздуха, подразумевается загрязнение всей внутрижилищной среды. Накапливающаяся на оконных стеклах пыль снижает их прозрачность, что сказывается на условиях естественной освещенности жилища.

Загрязнение атмосферного воздуха угнетающе влияет на растительность, защитная роль которой в отношении загрязняющих атмосферу веществ общеизвестна, как известна их роль в регулировании микроклиматических условий на территориях жилой застройки. Чувствительность многих представителей растительного мира к промышленным загрязнениям атмосферы

57. Изучение влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения, основные методы.

Критерии вредности атмосферных загрязнений определили новую методологию гигиенического нормирования загрязняющих атмосферный воздух веществ:

Допустимой может быть признана такая концентрация химического вещества в атмосферном воздухе, которая не оказывает прямого или косвенного вредного и неприятного действия на организм, не снижает его работоспособность, не оказывает влияния на самочувствие и настроение людей.

Привыкание организма (адаптация) к веществам-примесям в атмосферном воздухе рассматривается как неблагоприятный фактор и доказательство недопустимости концентрации, при которой имеет место привыкание.

Недопустимыми являются такие концентрации загрязняющего вещества, которые оказывают влияние на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия жизни населения.

ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест — концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособность человека, не ухудшающая его самочувствие и санитарно-бытовые условия жизни.

Следующим вопросом методологии гигиенического нормирования загрязнения атмосферного воздуха был способ установления допустимых изменений его состава, при воздействии которых не возникают

неблагоприятные последствия для здоровья. В условиях бурной индустриализации, развития химической промышленности и следующей за ними урбанизации страны громадные массы населения оказались подвержены неблагоприятному воздействию химического фактора среды обитания. При этом часто речь шла о воздействии новых химических веществ, с которыми биота Земли, включая человеческую популяцию, не сталкивалась в процессе своей эволюции и не имела от них естественных механизмов защиты. В этих условиях не было возможности опираться на прошлый опыт, а вести длительные натурные санитарные наблюдения означало использование населения в длительном и жестоком эксперименте. Выход был найден в организации гигиенического нормирования на основе эксперимента на лабораторных животных. Медицине имелся опыт аналогичных экспериментов при разработке лекарственных средств, при изучении острых отравлений криминального характера, при изыскании средств защиты от химического оружия, примененного в Первую мировую войну. Но в этих работах исследовалось кратковременное воздействие химического вещества, к тому же в диапазоне действующих доз (концентраций) — либо терапевтических, либо заведомо смертельных. При гигиеническом нормировании необходимо было определить безвредный уровень воздействия, установить недействующую дозу (концентрацию). На основе методологии и методических принципов была разработана методическая схема экспериментальных исследований с целью гигиенического нормирования промышленных загрязнений атмосферного воздуха, которая в дальнейшем была усовершенствована и определены конкретные методы и приемы экспериментального обоснования ПДК.

Методика обоснования ПДК в атмосферном воздухе конкретного вещества, поступившего с промышленными выбросами в атмосферный воздух, включает два этапа экспериментальных исследований.

Наиболее трудоемкой частью исследований является 1-й этап — установление пороговой и недействующей концентрации при резорбтивном воздействии вещества после ингаляционного введения в течение длительного времени. Эти исследования проводятся в условиях длительного (хронического) санитарно-токсикологического эксперимента на лабораторных животных.

Для определения диапазона концентраций вещества, которые целесообразно испытать в хроническом эксперименте, проводят ориентировочные, так называемые острые токсикологические эксперименты, в которых устанавливают параметры токсического действия при однократном поступлении химического вещества естественным путем при вдыхании с воздухом, а для веществ, обладающих раздражающим свойством, — при нанесении на кожу и слизистые оболочки глаз. При необходимости проводят также подострые токсикологические эксперименты (длительностью 3-4 нед) с целью изучения клинической картины интоксикации и определения кумулятивных свойств вещества.

Острые токсикологические эксперименты проводят на двух видах лабораторных животных — белых мышах массой 18-22 г и белых крысах массой 180-240 г. Группы животных должны состоять не менее чем из 6 особей, быть однородными по полу и массе. Каждая группа животных подвергается воздействию определенной концентрации исследуемого вещества; в одном эксперименте испытываются 5-6 концентраций, нарастающих в арифметической или геометрической прогрессии. Затравка животных проводится при обеспечении стабильности концентрации вещества в течение опыта. Во время опыта животных фиксируют в специальных клетках (домиках) для предупреждения сорбции вещества на шерсти; дыхательная смесь подается в зону дыхания. На белых мышах опыт продолжается 2 ч, на белых крысах — 4 ч. Так как после такого однократного воздействия вещества гибель животных может наступать в разное время, наблюдения за ними ведутся еще в течение 2-4 нед. Учитывают время гибели животных в каждой группе, регистрируют поведение и симптомы интоксикации, клиническую картину гибели животных.

По результатам эксперимента устанавливают параметры острой токсичности — среднюю концентрацию, вызывающую гибель 50% животных (CL50), а также определяют среднее время гибели животных (ET50)

и тангенс угла наклона зависимости летального эффекта от концентрации вещества, которые характеризуют кумулятивные свойства вещества. Опыт гигиенического нормирования показывает, что пороговые и подпороговые концентрации при длительном воздействии вещества находятся в диапазоне $1/1000-1/10\ 000$ CL₅₀.

Хронический санитарно-токсикологический эксперимент на лабораторных животных при длительном воздействии загрязняющих атмосферный воздух химических веществ дает возможность качественно и количественно оценить токсичность и опасность атмосферных загрязнений, установить характер их влияния на организм в концентрациях, которые близки к реально встречающимся в атмосферном воздухе поселений, выявить избирательность повреждения тех или иных органов и систем, разграничить истинную адаптацию и компенсацию процесса хронической интоксикации. Основной задачей данного этапа является установление пороговой концентрации изучаемого вещества, которая вызывает минимальные биологически значимые изменения интегральных и специфических показателей функций организма при ингаляционном пути интоксикации, а также недействующей (подпороговой) концентрации, при которой не удастся выявить указанные изменения. Результаты хронического санитарно-токсикологического эксперимента являются основой для обоснования среднесуточной ПДК (ПДК_{сс}).

ПДК_{сс} вещества в атмосферном воздухе поселений — концентрация, не оказывающая при воздействии в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного влияния на здоровье настоящего и будущих поколений людей, не снижающая работоспособность человека, не ухудшающая его самочувствие и бытовые условия жизни.

Затравка животных производится в специальных камерах, в которых они содержатся круглосуточно в течение всего срока эксперимента, составляющего от 3 до 5 мес. Длительность круглосуточной экспозиции, например, белых крыс равна 3 мес, что соответствует 10-15% времени их жизни. В камеры постоянно подается смесь атмосферного воздуха с исследуемым веществом в концентрациях, установленных планом эксперимента. Обычно изучается 3-5 концентраций вещества, которые ориентировочно находятся в диапазоне от подпороговой (недействующей) до оказывающей выраженный токсический эффект.

Немаловажное значение для успеха эксперимента имеет правильный подбор экспериментальных животных, которые подразделяются на подопытных и контрольных, равноценных по основным показателям. В практике работы токсикологических лабораторий чаще всего используются мыши, крысы, кролики и морские свинки. Количество животных в группах устанавливают исходя из категории выбранных показателей функционального состояния организма, а также исходя из необходимости получения статистически достоверных результатов в отношении различных ответных реакций у подопытных животных по сравнению с контрольными.

Показатели и тесты для оценки функционального состояния организма в хроническом эксперименте определяют на основе результатов острого и подострого опытов, а также данных литературы о токсикодинамике изучаемого вещества (при их наличии). Для получения обоснованных результатов необходим тщательный отбор методов исследования состояния подопытных животных, которые адекватны механизму действия исследуемого химического вещества. Кроме того, должны быть включены методы, которые позволяют оценить проявления защитно-приспособительных реакций организма, ориентироваться в направленности биологического действия вещества. Набор методов должен отражать различные уровни реагирования организма: организменный, системный, органный, тканевый, клеточный, субклеточный или биомолекулярный.

Специфические показатели позволяют судить о состоянии отдельных органов и функций, выявлять механизмы действия изучаемого вредного вещества и наиболее ранние проявления токсического эффекта. Применение интегральных (неспецифических) показателей позволяет судить преимущественно о

состоянии всего организма в целом или важнейших его систем. Считают, что интегральные показатели являются гигиенически более значимыми.

Исследования должны проводиться при нормировании новых химических соединений, принадлежащих к химическим классам, не изученным в аллергологическом плане; при нормировании химических соединений и сложных продуктов, которые принадлежат к химическим классам, содержащим уже известные аллергены, или имеющих химические аналоги, обладающие сенсibiliзирующими свойствами; при наличии клинических признаков аллергических поражений у людей, имевших контакт с данным химическим соединением или продуктом.

Что касается сроков и периодичности оценки состояния экспериментальных животных, то на этот счет руководствуются следующими рекомендациями: первое обследование проводится через 1-2 нед после начала опыта, второе — в конце 1-го месяца затравки. В дальнейшем частота обследований диктуется результатами предыдущих анализов, но не должна быть реже чем через 1 мес.

Для веществ, обладающих запахом или раздражающим свойством, в дополнение к изучению резорбтивного действия выполняется 11 этап исследований. Он проводится на добровольцах (волонтерах), в условиях кратковременного воздействия вещества при ингаляционном поступлении с целью определения пороговой и подпороговой концентраций по запаху или раздражающему (рефлекторному) действию.

Под рефлекторным действием вещества понимают реакции на вдыхание химического вещества со стороны рецепторов верхних дыхательных путей — ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержку дыхания и пр.

Участие в эксперименте добровольцев допускается при гарантии безопасности их здоровья. Исследования проводятся на 20-30 добровольцах в возрасте от 18 до 55 лет (женщины) и от 18 до 60 лет (мужчины) при отсутствии у них перед проведением опыта каких-либо отклонений в состоянии здоровья. Специальная установка обеспечивает подачу в зону их дыхания воздуха со строго дозируемыми концентрациями испытуемого вещества. Определение порога обонятельного ощущения проводится на основе субъективного суждения добровольца-испытателя о наличии или отсутствии запаха по принципу «да» или «нет». Изучается не менее 4-5 концентраций, каждая из которых предъявляется каждому испытанелю не менее 3 раз. Для подтверждения субъективных оценок одновременно регистрируются и рефлекторные реакции спомощью энцефалографии, хронорефлексометрии, определения времени темновой адаптации глаза и др.

При анализе полученных данных учитывают число положительных и отрицательных ответов каждого волонтера, сумму предъявлений, сумму и процент положительных ответов для всей группы испытателей. Для определения значения порога обонятельного ощущения полученные данные обрабатываются графическим методом пробит-анализа или аналитическим методом наименьших квадратов.

Результаты второго этапа исследований являются основой для обоснования максимальной разовой ПДК (ПДК_{мр}) вещества в атмосферном воздухе, которая характеризует разовое одномоментное его воздействие на организм человека.

ПДК_{мр} химического вещества в атмосферном воздухе поселений — максимальная концентрация, которая при кратковременном (в течение 20-30 мин) воздействии на человека не вызывает ощущения запаха и не оказывает раздражающего (рефлекторного) воздействия на верхние дыхательные пути.

Для каждого вещества по результатам исследования устанавливают лимитирующий показатель вредности, т.е. тот показатель, который характеризуется наименьшей величиной пороговой концентрации. Выделены следующие лимитирующие показатели: резорбтивный, рефлекторный, рефлекторно-резорбтивный и санитарно-гигиенический. В отношении последнего можно сказать, что он

введен с учетом того, что отдельные вещества, которые не оказывают даже на уровне высоких концентраций ни рефлекторного, ни резорбтивного действия, могут при осаждении из воздуха придавать необычную окраску объектам окружающей среды (снегу и др.), загрязнять оконные стекла, одежду человека. Все это может вызывать у человека ощущение тревоги и опасности, психологического дискомфорта, другими словами, оказывать неблагоприятное влияние на условия жизни. В основном речь идет о красителях. ПДК для таких веществ должны быть установлены на таком уровне, который обеспечивает отсутствие указанных нежелательных последствий. Рефлекторно-резорбтивный показатель вредности устанавливается для веществ, у которых пороговые концентрации резорбтивного и раздражающего действия по абсолютной величине совпадают.

Правилами допускается возможность уточнения или пересмотра действующих ПДК при получении в научных токсикологических и эпидемиологических исследованиях, проведенных на новой методической и лабораторно-инструментальной базе, убедительных результатов, дающих основания для этого.

При обосновании ПДК химического вещества в атмосферном воздухе необходимо также определить класс его токсикологической опасности при ингаляционном воздействии, под которой понимают интенсивность нарастания биологического эффекта принятой или иной кратности превышения норматива (ПДК).

Экспериментально установлено, что при равной кратности превышения ПДК разных веществ биологические эффекты их воздействия существенно различаются. Так, биологический эффект будет примерно одинаковым при кратности превышения ПДК вещества 1-го класса опасности, равной 1,5, вещества 2-го класса — 2,1, 3-го класса — 2,6, 4-го класса — 3,0. При кратности превышения ПДК для вещества 1-го класса, равной 2, аналогичные уровни эффектов воздействия веществ остальных классов при кратности превышения их ПДК будут равны 3,6, 5,2 и 6,6 соответственно (табл. 6.1). Классификация опасности загрязняющих атмосферный воздух веществ основывается на учете многих параметров токсикометрии по методике, изложенной в соответствующих руководствах. В результате расчетов по этой методике определяется интегральный показатель опасности вещества, значения которого находятся в пределах от 0 до 1. Увеличение значений коэффициента в этих пределах означает возрастание опасности вещества. При интегральном показателе больше 0,72 вещества относят к 1-му классу опасности, при показателе от 0,72 до 0,55 — ко 2-му классу, при показателе от 0,55 до 0,38 — к 3-му классу, при показателе менее 0,38 — к 4-му классу опасности. Вещества 1-го класса признаны чрезвычайно опасными, 2-го класса — высокоопасными, 3-го класса — умеренно опасными, 4-го класса — малоопасными.

К веществам 1-го класса относятся БП, оксид пропилен, свинец и его соединения, хром шестивалентный и др., 2-го класса опасности — диоксид азота, серная кислота, фенол, хлор, формальдегид. К соединениям 3-го класса относятся диоксид серы, гептен, ксилол, пропилен, неорганическая пыль с содержанием диоксида кремния 70-20%, н-бутиловый спирт, толуол, этилен, оксид этилена. К веществам 4-го класса опасности относятся аммиак, бутилацетат, бутилен, хлористый метилен, оксид углерода и др.

Указание для учета воздействия загрязнений атмосферного воздуха при совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ. В этом случае сумма отношений их концентраций, измеренных в воздухе конкретного поселения, к ПДК не должна превышать 1:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + C_3/\text{ПДК}_3 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n < 1,$$

где $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ — фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3, \dots, \text{ПДК}_n$ — ПДК тех же веществ.

Опыт экспериментальных санитарно-токсикологических исследований по обоснованию ПДК позволил разработать методику обоснования ОБУВ вещества.

ОБУВ — временный гигиенический норматив предельно допустимого содержания загрязняющего вещества в атмосферном воздухе поселений.

ОБУВ устанавливают расчетными методами на основании корреляционно-регрессионной зависимости параметров токсикометрии от физико-химических свойств химического вещества или путем интерполяции и экстраполяции в рядах соединений, близких по строению к нормируемому; при этом обязательно экспериментальное определение показателей острой токсичности. ОБУВ утверждают на ограниченный срок (3 года), после чего он должен быть заменен ПДК, переутвержден на новый срок или отменен в зависимости от перспективы применения данного вещества и появившейся новой информации о его токсических свойствах.

ОБУВ используются при решении вопросов предупредительного санитарного надзора для обоснования мероприятий по охране атмосферного воздуха на проектируемых, реконструируемых и опытных малотоннажных производствах.

Для некоторых веществ нормативным документом допускается обоснование только ОБУВ без дальнейшей разработки ПДК. К таким веществам отнесены продукты, производящиеся на опытном производстве или при объеме производства до 10 т в год; умеренно и мало опасные (3-й и 4-й классы опасности) слабокумулятивные вещества; вещества, не оказывающие специфического (аллергенного, мутагенного, нейротоксического и т.п.) воздействия.

В настоящее время действующими нормативными документами, в которых указаны значения максимальной разовой и среднесуточной ПДК, лимитирующие показатели вредности и классы опасности для веществ, являются постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21.12.2010 № 174 «об установлении классов опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, порядке отнесения загрязняющих веществ к определенным классам опасности», а также постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2010г. №186 «Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения».

Гигиенические нормативы (ПДК и ОБУВ), обоснованные результатами санитарно-токсикологических экспериментов на лабораторных животных, адекватно отражают безопасный уровень каждого компонента загрязнения атмосферного воздуха для человека, что подтверждено данными большого количества специальных натуральных исследований. Они являются инструментом санитарного врача, необходимым при решении многих рутинных санитарных вопросов. Однако используя только ПДК индивидуальных веществ, нельзя адекватно оценить реальную степень опасности многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха с превышением ПДК, которое зачастую имеет место в современных городах. Для интегральной оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха с использованием гигиенических нормативов в реальной санитарной ситуации существует несколько методов.

Постулат простой суммации токсического эффекта при одновременном совместном воздействии нескольких веществ, о котором сказано выше, справедлив только для случая не превышения ПДК. В условиях одинаковой степени превышения уровня ПДК степень выраженности биологических эффектов при воздействии веществ разных классов опасности оказалась различной. Поэтому для интегральной оценки уровня многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха было предложено учитывать эти различия путем приведения измеренных концентраций веществ 1, 2, 4-го классов к кратности превышения ПДК веществ 3 класса. С этой целью величины отношений измеренных концентраций веществ

1, 2, 4-го классов к ПДК умножаются на коэффициенты 1,7, 1,3, 0,9 соответственно, для вещества 3-го класса берутся без коэффициента.

Комплексный показатель {показатель К} загрязнения атмосферы вычисляется по формуле:

$$K = \Sigma(C1/ПДК1) \times 1,7 + \Sigma(C2/ПДК2) \times 1,3 + \Sigma(C3/ПДК3) \times 1 + \Sigma(C4/ПДК4) \times 0,9,$$

где C1, C2, C3, C4 — измеренные концентрации веществ, относящихся к 1, 2, 3, 4-му классам опасности соответственно;

ПДЮ, ПДКг, ПДКз, ПДК4 — нормативы для тех же веществ.

В зависимости от задачи исследования в формулу вводятся параметры либо всех техногенных компонентов загрязнения воздуха поселения, либо только специфичных для данной санитарной ситуации.

Необходимо отметить условность градации уровней опасности для здоровья многокомпонентного загрязнения воздуха поселения на основании показателя К, однако использование такого подхода целесообразно при мониторинговании состояния атмосферного воздуха на определенной территории, рассмотрении результатов мониторингования во временной динамике.

59. Предприятия по производству строительных материалов, нефтехимической и металлургической промышленной как источники загрязнения атмосферного воздуха.

Промышленность строительных материалов производит железобетонные изделия и конструкции, стеновые материалы, кирпич, керамзит, кровельные и гидроизоляционные материалы, нерудные строительные материалы (щебень, известь, строительный гипс, цемент и др.).

Цементные и гипсовые заводы являются значительным источником загрязнения атмосферного воздуха из-за недостаточной эффективности улавливания пыли при дроблении сырья, обжиге шлама, помолу клинкера, транспортно-погрузочных операциях.

Широко распространены асфальтобетонные заводы, на которых массу, необходимую для дорожно-строительных работ, получают путем смешения песка, щебня, гравия и минерального порошка с битумом. Загрязнение воздуха связано прежде всего с использованием пылящих материалов.

Кирпичные заводы также относятся к производствам, загрязняющим атмосферный воздух пылью за счет ее образования на участках подготовки сырья и печей обжига, оксидом углерода за счет сжигания топлива и выгорания добавок при обжиге кирпича в печах.

В строительстве широко используются изделия из древесины. При этом нередко их обрабатывают путем пропитки разными антисептиками, например на шпалопропиточных производствах. Здесь загрязняющие атмосферный воздух вещества поступают при выгрузке шпал из цилиндров, в которых пропитка идет при температуре выше 100 °С, а также при остывании шпал. При этих процессах в атмосферный воздух поступают нафталин, аценафтен, фенол, антрацен и другие соединения.

Переработка нефти ведется в двух основных направлениях — на установках масляного (получение минеральных масел) и топливного (получение моторного топлива) блоков. Кроме того, на современных нефтеперерабатывающих заводах оборудуются установки для химической переработки нефтепродуктов с целью получения синтетического каучука, жирных кислот, синтетических масел, деэмульгаторов, присадок к топливу и прочих продуктов.

Кроме углеводородов, сероводорода, оксида углерода, диоксида серы, в атмосферный воздух могут поступать фенол, бензол, много других соединений. Среди них особо следует отметить возможность выделения БП, в больших количествах появляющегося во многих продуктах нефтепереработки и нефтехимии за счет применения высоких температур в технологии их получения, особенно при пиролизе углеводородного сырья, а также вследствие сжигания топлива в печах технологических установок.

Массивным источником выброса углеводородов являются резервуары для хранения нефти, нефтепродуктов, продуктов нефтехимического синтеза. Как известно, в них выброс происходит через специальные дыхательные клапаны, открытые люки и неплотности в кровле резервуара. К числу источников загрязнения атмосферного воздуха относятся также открытые поверхности различных сооружений для очистки сточных вод.

С поверхности очистных сооружений промышленных сточных вод - нефтеловушек в атмосферный воздух может поступать до 50 700 г/ч углеводородов и 26,7 г/ч сероводорода (при переработке

сернистого угле- водородного сырья). В еще больших количествах могут выделяться углеводороды с поверхности прудов дополнительного отстоя — до 135 000 г/ч. Из градирен может поступать в атмосферный воздух до 2500 т в год углеводородов.

Важную роль в загрязнении атмосферного воздуха играют технологические установки, на которых общие потери углеводородов и других веществ за счет неплотностей оборудования, арматуры, фланцевых соединений, сальниковых уплотнений насосов и компрессоров, печей могут достигать 20%. Нельзя не учитывать также факельные системы в качестве источников загрязнения атмосферного воздуха продуктами неполного сгорания (горючие газы и пары, сдувки из предохранительных клапанов и др.). По разнообразию выбросов предприятия химии и нефтехимии заметно выделяются среди всех других отраслей. Это объясняется разнообразием технологических процессов, применяемого сырья и реагентов, широким ассортиментом готовой продукции. Существенно влияют на характер выбросов особенности химической технологии: наличие периодических процессов, применение высоких температур и давлений, а также недостаточная разработка эффективных методов газоочистки.

Наличие на предприятии множества разновысоких источников в основном нагретых выбросов ведет к диффузному загрязнению атмосферного воздуха не только на территории самих предприятий нефтепереработки и нефтехимии, но и на прилегающих селитебных территориях.

Цветная металлургия представляет отрасль, охватывающую производство цветных металлов и их сплавов от добычи и переработки рудного сырья до получения готовой продукции в виде металлов и сплавов. В последние годы цветная металлургия прочно занимает одно из ведущих мест по общему объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые по отрасли составляют примерно 3,2— 3,4 млн т в год. В районах размещения предприятий цветной металлургии на расстоянии десятков километров от заводов образуются техногенные биогеохимические провинции, в которых обнаруживается повышенное содержание цветных металлов в почве и растениях.

Основными методами получения цветных металлов из руд являются пирометаллургия, (огневая плавка руды), электрометаллургия (электроплавка и электрогидролиз) и гидрометаллургия (гидрохимическое растворение с последующим осаждением металла). При получении одного и того же металла перечисленные процессы могут комбинироваться в различной последовательности. Процессам непосредственно получения металла обязательно предшествуют процессы обогащения руды, среди которых чаще всего применяется флотация. Процессу флотации предшествует механическое измельчение руды до консистенции пудры, сопровождающееся выделением пыли, содержащей высокие концентрации диоксида кремния, а также различные соединения цветных металлов в зависимости от вида руды.

Технология производства цветных металлов связана с образованием значительных объемов отходящих газов, которые содержат различные вещества, главным образом аэрозоли конденсации металлов, диоксид углерода, диоксид серы. На долю последнего приходится до 80% суммарных выбросов в отрасли, что объясняется преимущественной переработкой сульфидных руд, на долю оксида углерода приходится около 10%, твердых веществ — 7%.

При производстве свинца, цинка, меди, кобальта, никеля, алюминия атмосферный воздух может загрязняться оксидами указанных металлов, а также фтористым водородом, пылью глинозема, смолистыми веществами и канцерогенными ПАУ, в частности БП.

Черная металлургия является одной из ведущих отраслей промышленности, определяющих экономический потенциал страны.

Современные предприятия черной металлургии представляют собой комплекс производств и могут быть разделены на 3 основных вида. В состав металлургических комбинатов входят горнорудные производства, на которых добывают руду, агломерационные и рудообогатительные фабрики, служащие для освобождения руды от примесей, среди которых большое значение имеют соединения серы, и придания ей соответствующей технологической формы, доменное производство (с коксохимическим заводом), выпускающее чугун, сталеплавильное и сталепрокатное. Предприятия полного металлургического цикла имеют в своем составе 3 основных звена производства черного металла — доменное, сталеплавильное и сталепрокатное производства. На предприятиях неполного металлургического цикла имеется только два звена — сталеплавильное и сталепрокатное производства. Особенностью предприятий горнорудного производства, включая обогатительные фабрики, является тесная связь с сырьевой базой, т.е. расположение предприятий непосредственно в районах месторождений минерального сырья. Основным компонентом, поступающим в атмосферный воздух от предприятий горнорудного производства, является пыль вскрышных и рудных пород, содержащая от 20 до 70% диоксида кремния и аэрозоли дезинтеграции оксидов и сульфидов металлов. При открытом, карьерном, способе добычи руды периодически 1-2 раза в месяц имеют место залповые выбросы пыли и

продуктов сгорания взрывчатых веществ (оксид углерода и оксиды азота) при производстве взрывных работ для разрушения горных пород. В процессах термической агломерации и обогащения руды, кроме того, выделяются оксид углерода, диоксид серы и оксиды металлов (аэрозоль конденсации), содержащиеся в железной руде в виде примесей.

В основе доменного процесса получения чугуна лежит восстановительная плавка агломерата или обогащенной руды при температуре 1000- 1200 °С или 1800 °С. Топливом в этом процессе является кокс, который вырабатывается путем пиролиза каменного угля на коксохимическом заводе, входящем в состав комбината, коксохимический завод — источник

выброса в атмосферный воздух угольной пыли, аммиака, фенола, нафталина, оксида углерода, газообразных соединений серы. В процессе плавки чугуна образуется большое количество доменного (колошникового) газа, содержащего пыль (до 6 г/ м³), оксид углерода (от 28 до 45 %), диоксид серы и другие компоненты. 80% доменного газа, обладающего большой теплотворной способностью (850-1100 ккал/м³), используется повторно для нагрева домны и коксовых батарей, 20% выбрасывается в атмосферу.

Получение из чугуна стали осуществляется в мартеновском или кон вертерном процессах, суть которых состоит в дальнейшем восстановлении железа при температуре 1700-1800 °С и удалении примесей серы, фосфора, марганца и углерода в виде оксидов. Оксиды в газообразном состоянии или в виде аэрозолей конденсации содержатся в выбросах в атмосферный воздух.

Современный способ прямого восстановления железа из руды принципиально отличается от описанных. Он заключается в удалении кислорода из обогащенной и агломерированной железной руды (окатышей) восстановительным газом. Восстановительный газ представляет собой смесь водорода и оксида углерода, образующихся в результате взаимодействия при высокой температуре водяного пара и природного газа (СН₄) в присутствии никелевого катализатора. Отходящие газы, содержащие кислород, оксид углерода, диоксид серы (абгазы), используются для подогрева природного газа перед его катализом, и лишь незначительная часть их выбрасывается в атмосферу. Конечный продукт, получивший название горячебрикетированного железа, содержит более 90% железа. Получение из железа легированных (от нем. legieren — сплавлять) сталей производится в электросталеплавильном производстве в дуговых или индукционных печах без использования топлива. В качестве легирующих добавок используют хром, ванадий, марганец, вольфрам, никель, титан, ниобий и другие металлы. Процесс плавки металла в электропечи сопровождается выделением запыленных горячих газов, среди которых преобладают оксид углерода (от 23 до 86%) и оксиды азота, а также аэрозолей конденсации оксидов металлов. Количество возгонной металлсодержащей пыли особенно возрастает при использовании кислородного дутья. Источниками загрязнения атмосферного воздуха в сталепрокатном производстве являются нагревательные устройства, в которых в качестве топлива используются природный, коксовый или доменный газы, мазут. Поэтому в выбросах прокатных цехов содержится большое количество диоксида серы. Кроме того, в них имеется большое количество металлической пыли, а также пары серной и соляной кислот, применяемых для травления металла.

60. Автотранспорт как источник загрязнения атмосферного воздуха. Факторы, влияющие на степень загрязнения атмосферы выхлопными газами автотранспорта, профилактические мероприятия.

В отработавших газах автотранспорта идентифицировано более 200 различных химических веществ, в их числе продукты неполного сгорания топлива (оксид углерода, альдегиды, кетоны, углеводороды, в том числе канцерогенные, водород, перекисные соединения, сажа); продукты термических реакций азота с кислородом, за счет чего образуются оксиды азота; вещества, которые входят в состав топлива (соединения свинца, диоксид серы и др.).

Количество и состав отработавших газов определяются конструктивными особенностями автомашин, режимом работы их двигателей, техническим состоянием, качеством дорожного покрытия, метеорологическими условиями. Особенностью работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в условиях города являются переменные нагрузки, когда с режима холостого хода происходит переход на режим разгона, режим установившейся работы и, наконец, торможение. Наиболее высокие концентрации оксида углерода в отработавших газах имеют место при работе двигателя на холостом ходу и при полных нагрузках. При работе двигателя на холостом ходу содержание оксида углерода в 2 раза выше, чем при установившемся режиме работы двигателя.

Для повышения октанового числа бензина к нему добавляют различные антидетонационные присадки. В течение многих лет широко применялся тетраэтилсвинец; в последние годы его использование существенно ограничено и применяют менее токсичные антидетонаторы.

Отработавшие газы автомобилей с дизельными двигателями по своему составу отличаются от таковых автомобилей с карбюраторными двигателями. При работе дизельного двигателя меньше образуется оксида углерода и несгоревших углеводородов. Однако за счет избытка воздуха в отработавших газах повышено содержание оксидов азота. Отработавшие газы при использовании дизельного топлива характеризуются также повышенной дымностью. Черный дым представляет собой продукт неполного сгорания и состоит из частиц углерода размером 0,1-0,3 мкм. Белый дым образуется из частиц испарившегося топлива и капелек воды и выбрасывается при работе двигателя на холостом ходу. В его составе присутствуют в основном альдегиды, обладающие раздражающим свойством. Голубой дым образуется при охлаждении на воздухе отработавших газов. Он состоит из капелек жидких углеводородов. Выбросы дизельных автомобилей содержат также БП и другие канцерогенные ПАУ. При характеристике автомобильного транспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха большое значение имеет характер формирования транспортных потоков, который в городах носит импульсивный характер: движение с постоянной скоростью может прерываться или тормозиться, после чего следует набор скорости. Увеличение плотности транспортных средств в потоке на магистралях и дорогах ведет к сокращению продолжительности режима установившегося движения и увеличению времени разгона, которое характеризуется наиболее интенсивным выбросом отработавших газов. Большое значение имеют интенсивность и плотность транспортных потоков. При малой плотности потока (10 авт/км) возможно движение со свободной скоростью, при групповом движении (11-30 авт/км) падение скорости потока ведет к дополнительному расходу топлива. Наконец, при колонном движении (31-100 авт/км) скорость потока снижается вплоть до затора, что еще больше увеличивает расход топлива.

Расход топлива зависит также от скорости движения автомобилей, состава транспортных потоков, используемых циклов регулирования дорожного движения.

61. Санитарно-защитные зоны: назначение, размеры, требования к их организации и благоустройству. Понятие о риске.

К планировочным мероприятиям 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 (фонового загрязнения, 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.

Размер СЗЗ, определяемой относительно выброса химических веществ в атмосферный воздух, рассчитывается от границы промплощадки при наличии низких и средней высоты организованных источников холодных выбросов, рассредоточенных по территории промплощадки, неорганизованных источников выбросов. При наличии только высоких организованных источников нагретых выбросов расчет размера СЗЗ ведется от источника выброса – дымовой или вентиляционной трубы. Расчет размеров СЗЗ относительно физических производственных факторов ведется от источника.

При установлении размеров СЗЗ наряду с расчетами загрязнения атмосферного воздуха проектируемым предприятием обязательно должны учитываться как перспективы развития предприятия, так и фактическое загрязнение воздуха другими существующими источниками воздействия; для повышения надежности решения вопроса о размерах СЗЗ целесообразно учитывать результаты лабораторных исследований атмосферного воздуха в районах размещения аналогичных действующих объектов.

При некоторых условиях возможно изменение размеров СЗЗ. Условием позволяющим уменьшить размер СЗЗ, является объективное доказательство стабильного достижения нормативного уровня загрязнения атмосферного воздуха на границе СЗЗ и за ее пределами материалами систематических (не менее чем годовых) лабораторных наблюдений.

Увеличение размера СЗЗ по сравнению с требуемой по классификации допускается только при невозможности обеспечения современными техническими и технологическими средствами нормативных уровней по любому фактору воздействия, подтвержденной соответствующей квалифицированной экспертизой.

Для объектов с недостаточно изученными технологическими процессами, не имеющими аналогов в стране и за рубежом, размеры СЗЗ устанавливаются в каждом конкретном случае индивидуально. В СЗЗ не допускается размещение коллективных и индивидуальных дачных и садово-огородных участков; предприятий по производству лекарств, складов фармацевтических предприятий, предприятий пищевой промышленности, оптовых складов продовольственного сырья и пищевых продуктов, спортивных сооружений, парков, образовательных, детских, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений.

На территории СЗЗ может быть разрешено размещение сельхозугодий для выращивания технических культур, не используемых для производства продуктов питания и кормов для домашних животных. Возможно размещение пожарных депо, прачечных, гаражей и площадок для стоянок общественного и индивидуального транспорта, автозаправочных станций, а также связанных с обслуживанием данного предприятия зданий управления, конструкторских бюро, поликлиники. Санитарными правилами разрешено также размещение на территории СЗЗ предприятий меньшего класса вредности.

В СЗЗ предприятий 4-го и 5-го классов должно быть озеленено не менее 60% площади; предприятий 2-го и 3-го классов - не менее 50%, предприятий с СЗЗ 1000 м и более - не менее 40% площади. Зеленые насаждения исполняют роль своеобразных фильтров, влияют на рассеивание промышленных выбросов в атмосфере, изменяя ветровой режим, циркуляцию воздушных масс и др.

Для защиты жилой зоны и рекреационных территорий от неблагоприятного влияния выбросов автомагистралей и линий железнодорожного транспорта санитарными правилами предусмотрены санитарные разрывы, имеющие режим СЗЗ, но не требующие разработки проекта их организации. Величина разрыва определяется в каждом конкретном случае на основании расчета рассеивания загрязнений атмосферного воздуха и уровней воздействия физических факторов (шум, вибрация, электромагнитное поле - ЭМП и др.).

62. Гигиенические нормативы качества атмосферного воздуха (ПДК, ОБУВ), методы определения.

ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест — концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособность человека, не ухудшающая его самочувствие и санитарно-бытовые условия жизни.

Следующим вопросом методологии гигиенического нормирования загрязнения атмосферного воздуха был способ установления допустимых изменений его состава, при воздействии которых не возникают неблагоприятные последствия для здоровья. В условиях бурной индустриализации, развития химической промышленности и следующей за ними урбанизации страны громадные массы населения оказались подвержены неблагоприятному воздействию химического фактора среды обитания. При этом часто речь шла о воздействии новых химических веществ, с которыми биота Земли, включая человеческую популяцию, не сталкивалась в процессе своей эволюции и не имела от них естественных механизмов защиты. В этих условиях не было возможности опираться на прошлый опыт, а вести длительные натурные санитарные наблюдения означало использование населения в длительном и жестоком эксперименте. Выход был найден в организации гигиенического нормирования на основе эксперимента на лабораторных животных. Медицине имелся опыт аналогичных экспериментов при разработке лекарственных средств, при изучении острых отравлений криминального характера, при изыскании средств защиты от химического оружия, примененного в Первую мировую войну. Но в этих работах исследовалось кратковременное воздействие химического вещества, к тому же в диапазоне действующих доз (концентраций) — либо терапевтических, либо заведомо смертельных. При гигиеническом нормировании необходимо было определить безвредный уровень воздействия, установить недействующую дозу (концентрацию). На основе методологии и методических принципов была разработана методическая схема экспериментальных исследований с целью гигиенического нормирования промышленных загрязнений атмосферного воздуха, которая в дальнейшем была усовершенствована и определены конкретные методы и приемы экспериментального обоснования ПДК.

Методика обоснования ПДК в атмосферном воздухе конкретного вещества, поступившего с промышленными выбросами в атмосферный воздух, включает два этапа экспериментальных исследований.

Наиболее трудоемкой частью исследований является 1-й этап — установление пороговой и недействующей концентрации при резорбтивном воздействии вещества после ингаляционного введения в течение длительного времени. Эти исследования проводятся в условиях длительного (хронического) санитарно-токсикологического эксперимента на лабораторных животных.

Для определения диапазона концентраций вещества, которые целесообразно испытать в хроническом эксперименте, проводят ориентировочные, так называемые острые токсикологические эксперименты, в которых устанавливают параметры токсического действия при однократном поступлении химического вещества естественным путем при вдыхании с воздухом, а для веществ, обладающих раздражающим свойством, — при нанесении на кожу и слизистые оболочки глаз. При необходимости проводят также подострые токсикологические эксперименты (длительностью 3-4 нед) с целью изучения клинической картины интоксикации и определения кумулятивных свойств вещества.

Острые токсикологические эксперименты проводят на двух видах лабораторных животных — белых мышах массой 18-22 г и белых крысах массой 180-240 г. Группы животных должны состоять не менее чем из 6 особей, быть однородными по полу и массе. Каждая группа животных подвергается воздействию определенной концентрации исследуемого вещества; в одном эксперименте испытываются 5-6 концентраций, нарастающих в арифметической или геометрической прогрессии. Затравка животных проводится при обеспечении стабильности концентрации вещества в течение опыта. Во время опыта животных фиксируют в специальных клетках (домиках) для предупреждения сорбции вещества на шерсти; дыхательная смесь подается в зону дыхания. На белых мышах опыт продолжается 2 ч, на белых крысах — 4 ч. Так как после такого однократного воздействия вещества гибель животных может наступать в разное время, наблюдения за ними ведутся еще в течение 2-4 нед. Учитывают время гибели животных в каждой группе, регистрируют поведение и симптомы интоксикации, клиническую картину гибели животных.

По результатам эксперимента устанавливают параметры острой токсичности — среднюю концентрацию, вызывающую гибель 50% животных (CL₅₀), а также определяют среднее время гибели животных (ET₅₀) и тангенс угла наклона зависимости летального эффекта от концентрации вещества, которые характеризуют кумулятивные свойства вещества. Опыт гигиенического нормирования показывает, что пороговые и подпороговые концентрации при длительном воздействии вещества находятся в диапазоне 1/1000-1/10 000 CL₅₀.

Хронический санитарно-токсикологический эксперимент на лабораторных животных при длительном воздействии загрязняющих атмосферный воздух химических веществ дает возможность качественно и количественно оценить токсичность и опасность атмосферных загрязнений, установить характер их влияния на организм в концентрациях, которые близки к реально встречающимся в атмосферном воздухе поселений, выявить избирательность повреждения тех или иных органов и систем, разграничить истинную адаптацию и компенсацию процесса хронической интоксикации. Основной задачей данного этапа является установление пороговой концентрации изучаемого вещества, которая вызывает минимальные биологически значимые изменения интегральных и специфических показателей функций организма при ингаляционном пути интоксикации, а также недействующей (подпороговой) концентрации, при которой не удастся выявить указанные изменения. Результаты хронического санитарно-токсикологического эксперимента являются основой для обоснования среднесуточной ПДК (ПДК_{сс}).

ПДК_{сс} вещества в атмосферном воздухе поселений — концентрация, не оказывающая при воздействии в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного влияния на здоровье настоящего и будущих поколений людей, не снижающая работоспособность человека, не ухудшающая его самочувствие и бытовые условия жизни.

Затравка животных производится в специальных камерах, в которых они содержатся круглосуточно в течение всего срока эксперимента, составляющего от 3 до 5 мес. Длительность круглосуточной экспозиции, например, белых крыс равна 3 мес, что соответствует 10-15% времени их жизни. В камеры постоянно подается смесь атмосферного воздуха с исследуемым веществом в концентрациях, установленных планом эксперимента. Обычно изучается 3-5 концентраций вещества, которые ориентировочно находятся в диапазоне от подпороговой (недействующей) до оказывающей выраженный токсический эффект.

Немаловажное значение для успеха эксперимента имеет правильный подбор экспериментальных животных, которые подразделяются на подопытных и контрольных, равноценных по основным

показателям. В практике работы токсикологических лабораторий чаще всего используются мыши, крысы, кролики и морские свинки. Количество животных в группах устанавливают исходя из категории выбранных показателей функционального состояния организма, а также исходя из необходимости получения статистически достоверных результатов в отношении различных ответных реакций у подопытных животных по сравнению с контрольными.

Показатели и тесты для оценки функционального состояния организма в хроническом эксперименте определяют на основе результатов острого и подострого опытов, а также данных литературы о токсикодинамике изучаемого вещества (при их наличии). Для получения обоснованных результатов необходим тщательный отбор методов исследования состояния подопытных животных, которые адекватны механизму действия исследуемого химического вещества. Кроме того, должны быть включены методы, которые позволяют оценить проявления защитно-приспособительных реакций организма, ориентироваться в направленности биологического действия вещества. Набор методов должен отражать различные уровни реагирования организма: организменный, системный, органный, тканевый, клеточный, субклеточный или биомолекулярный.

Специфические показатели позволяют судить о состоянии отдельных органов и функций, выявлять механизмы действия изучаемого вредного вещества и наиболее ранние проявления токсического эффекта. Применение интегральных (неспецифических) показателей позволяет судить преимущественно о состоянии всего организма в целом или важнейших его систем. Считают, что интегральные показатели являются гигиенически более значимыми.

Исследования должны проводиться при нормировании новых химических соединений, принадлежащих к химическим классам, не изученным в аллергологическом плане; при нормировании химических соединений и сложных продуктов, которые принадлежат к химическим классам, содержащим уже известные аллергены, или имеющих химические аналоги, обладающие сенсibiliзирующими свойствами; при наличии клинических признаков аллергических поражений у людей, имевших контакт с данным химическим соединением или продуктом.

Что касается сроков и периодичности оценки состояния экспериментальных животных, то на этот счет руководствуются следующими рекомендациями: первое обследование проводится через 1-2 нед после начала опыта, второе — в конце 1-го месяца затравки. В дальнейшем частота обследований диктуется результатами предыдущих анализов, но не должна быть реже чем через 1 мес.

Для веществ, обладающих запахом или раздражающим свойством, в дополнение к изучению резорбтивного действия выполняется 11 этап исследований. Он проводится на добровольцах (волонтерах), в условиях кратковременного воздействия вещества при ингаляционном поступлении с целью определения пороговой и подпороговой концентраций по запаху или раздражающему (рефлекторному) действию.

Под рефлекторным действием вещества понимают реакции на вдыхание химического вещества со стороны рецепторов верхних дыхательных путей — ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержку дыхания и пр.

Участие в эксперименте добровольцев допускается при гарантии безопасности их здоровья.

Исследования проводятся на 20-30 добровольцах в возрасте от 18 до 55 лет (женщины) и от 18 до 60 лет (мужчины) при отсутствии у них перед проведением опыта каких-либо отклонений в состоянии здоровья. Специальная установка обеспечивает подачу в зону их дыхания воздуха со строго дозируемыми концентрациями испытуемого вещества. Определение порога обонятельного ощущения проводится на основе субъективного суждения добровольца-испытателя о наличии или отсутствии запаха по принципу «да» или «нет». Изучается не менее 4-5 концентраций, каждая из которых предъявляется каждому испытанелю не менее 3 раз. Для подтверждения субъективных оценок одновременно регистрируются и рефлекторные реакции с помощью энцефалографии, хронорефлексометрии, определения времени темновой адаптации глаза и др.

При анализе полученных данных учитывают число положительных и отрицательных ответов каждого волонтера, сумму предъявлений, сумму и процент положительных ответов для всей группы испытанелей. Для определения значения порога обонятельного ощущения полученные данные обрабатываются графическим методом пробит-анализа или аналитическим методом наименьших квадратов.

Результаты второго этапа исследований являются основой для обоснования максимальной разовой ПДК (ПДК_{мр}) вещества в атмосферном воздухе, которая характеризует разовое одномоментное его воздействие на организм человека.

ПДК_{мр} химического вещества в атмосферном воздухе поселений — максимальная концентрация, которая при кратковременном (в течение 20-30 мин) воздействии на человека не вызывает ощущения запаха и не оказывает раздражающего (рефлекторного) воздействия на верхние дыхательные пути.

Для каждого вещества по результатам исследования устанавливают лимитирующий показатель вредности, т.е. тот показатель, который характеризуется наименьшей величиной пороговой концентрации. Выделены следующие лимитирующие показатели: резорбтивный, рефлекторный, рефлекторно-резорбтивный и санитарно-гигиенический. В отношении последнего можно сказать, что он введен с учетом того, что отдельные вещества, которые не оказывают даже на уровне высоких концентраций ни рефлекторного, ни резорбтивного действия, могут при осаждении из воздуха придавать необычную окраску объектам окружающей среды (снегу и др.), загрязнять оконные стекла, одежду человека. Все это может вызывать у человека ощущение тревоги и опасности, психологического дискомфорта, другими словами, оказывать неблагоприятное влияние на условия жизни. В основном речь идет о красителях. ПДК для таких веществ должны быть установлены на таком уровне, который обеспечивает отсутствие указанных нежелательных последствий. Рефлекторно-резорбтивный показатель вредности устанавливается для веществ, у которых пороговые концентрации резорбтивного и раздражающего действия по абсолютной величине совпадают.

Правилами допускается возможность уточнения или пересмотра действующих ПДК при получении в научных токсикологических и эпидемиологических исследованиях, проведенных на новой методической и лабораторно-инструментальной базе, убедительных результатов, дающих основания для этого. При обосновании ПДК химического вещества в атмосферном воздухе необходимо также определить класс его токсикологической опасности при ингаляционном воздействии, под которой понимают интенсивность нарастания биологического эффекта прямой или иной кратности превышения норматива (ПДК).

Экспериментально установлено, что при равной кратности превышения ПДК разных веществ биологические эффекты их воздействия существенно различаются. Так, биологический эффект будет примерно одинаковым при кратности превышения ПДК вещества 1-го класса опасности, равной 1,5, вещества 2-го класса — 2,1, 3-го класса — 2,6, 4-го класса — 3,0. При кратности превышения ПДК для вещества 1-го класса, равной 2, аналогичные уровни эффектов воздействия веществ остальных классов при кратности превышения их ПДК будут равны 3,6, 5,2 и 6,6 соответственно (табл. 6.1). Классификация опасности загрязняющих атмосферный воздух веществ основывается на учете многих параметров токсикометрии по методике, изложенной в соответствующих руководствах. В результате расчетов по этой методике определяется интегральный показатель опасности вещества, значения которого находятся в пределах от 0 до 1. Увеличение значений коэффициента в этих пределах означает возрастание опасности вещества. При интегральном показателе больше 0,72 вещества относят к 1-му классу опасности, при показателе от 0,72 до 0,55 — ко 2-му классу, при показателе от 0,55 до 0,38 — к 3-му классу, при показателе менее 0,38 — к 4-му классу опасности. Вещества 1-го класса признаны чрезвычайно опасными, 2-го класса — высокоопасными, 3-го класса — умеренно опасными, 4-го класса — малоопасными.

К веществам 1-го класса относятся БП, оксид пропилен, свинец и его соединения, хром шестивалентный и др., 2-го класса опасности — диоксид азота, серная кислота, фенол, хлор, формальдегид. К соединениям 3-го класса относятся диоксид серы, гептен, ксилол, пропилен, неорганическая пыль с содержанием диоксида кремния 70-20%, н-бутиловый спирт, толуол, этилен, оксид этилена. К веществам 4-го класса опасности относятся аммиак, бутилацетат, бутилен, хлористый метилен, оксид углерода и др. Указание для учета воздействия загрязнений атмосферного воздуха при совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ. В этом случае сумма отношений их концентраций, измеренных в воздухе конкретного поселения, к ПДК не должна превышать 1:

$$C1/ПДК1 + C2/ПДК2 + C3/ПДК3 + \dots + Cn/ПДКn < 1,$$

где $C1, C2, C3, \dots, Cn$ — фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе;

ПДК1, ПДК2, ПДК3...ПДКn - ПДК тех же веществ.

В документе приведены перечень комбинаций из 2-3 веществ, для которых постулат простой суммации эффекта установлен экспериментально (52 комбинации), а также несколько исключений из общего правила.

Опыт экспериментальных санитарно-токсикологических исследований по обоснованию ПДК позволил разработать методику обоснования ОБУВ вещества.

ОБУВ — временный гигиенический норматив предельно допустимого содержания загрязняющего вещества в атмосферном воздухе поселений.

ОБУВ устанавливают расчетными методами на основании корреляционно-регрессионной зависимости параметров токсикометрии от физико-химических свойств химического вещества или путем интерполяции и экстраполяции в рядах соединений, близких по строению к нормируемому; при этом обязательно экспериментальное определение показателей острой токсичности. ОБУВ утверждают на

ограниченный срок (3 года), после чего он должен быть заменен ПДК, переутвержден на новый срок или отменен в зависимости от перспективы применения данного вещества и появившейся новой информации о его токсических свойствах.

ОБУВ используются при решении вопросов предупредительного санитарного надзора для обоснования мероприятий по охране атмосферного воздуха на проектируемых, реконструируемых и опытных малотоннажных производствах.

Для некоторых веществ нормативным документом допускается обоснование только ОБУВ без дальнейшей разработки ПДК. К таким веществам отнесены продукты, производящиеся на опытном производстве или при объеме производства до 10 т в год; умеренно и мало опасные (3-й и 4-й классы опасности) слабокумулятивные вещества; вещества, не оказывающие специфического (аллергенного, мутагенного, нейротоксического и т.п.) воздействия.

В настоящее время действующими нормативными документами, в которых указаны значения максимальной разовой и среднесуточной ПДК, лимитирующие показатели вредности и классы опасности для веществ, являются постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 21.12.2010 № 174 «об установлении классов опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, порядке отнесения загрязняющих веществ к определенным классам опасности», а также постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2010г. №186 «Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения».

Гигиенические нормативы (ПДК и ОБУВ), обоснованные результатами санитарно-токсикологических экспериментов на лабораторных животных, адекватно отражают безопасный уровень каждого компонента загрязнения атмосферного воздуха для человека, что подтверждено данными большого количества специальных натуральных исследований. Они являются инструментом санитарного врача, необходимым при решении многих рутинных санитарных вопросов. Однако используя только ПДК индивидуальных веществ, нельзя адекватно оценить реальную степень опасности многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха с превышением ПДК, которое зачастую имеет место в современных городах. Для интегральной оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха с использованием гигиенических нормативов в реальной санитарной ситуации существует несколько методов.

Постулат простой суммации токсического эффекта при одновременном совместном воздействии нескольких веществ, о котором сказано выше, справедлив только для случая непревышения ПДК. В условиях одинаковой степени превышения уровня ПДК степень выраженности биологических эффектов при воздействии веществ разных классов опасности оказалась различной. Поэтому для интегральной оценки уровня многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха было предложено учитывать эти различия путем приведения измеренных концентраций веществ 1, 2, 4-го классов к кратности превышения ПДК веществ 3 класса. С этой целью величины отношений измеренных концентраций веществ 1, 2, 4-го классов к ПДК умножаются на коэффициенты 1,7, 1,3, 0,9 соответственно, для вещества 3-го класса берутся без коэффициента.

Комплексный показатель {показатель К} загрязнения атмосферы вычисляется по формуле:

$$K = \Sigma(C1/ПДК1) \times 1,7 + \Sigma(C2/ПДК2) \times 1,3 + \Sigma(C3/ПДК3) \times 1 + \Sigma(C4/ПДК4) \times 0,9,$$

где C1, C2, C3, C4 — измеренные концентрации веществ, относящихся к 1, 2, 3, 4-му классам опасности соответственно;

ПДК1, ПДК2, ПДК3, ПДК4 — нормативы для тех же веществ.

В зависимости от задачи исследования в формулу вводятся параметры либо всех техногенных компонентов загрязнения воздуха поселения, либо только специфичных для данной санитарной ситуации.

63. Принципы и основные этапы санитарно-эпидемиологического нормирования вредных веществ в атмосферном воздухе.

5 этапов:

- 1) Установление пороговой, недействующей концентраций, изучение физико-химических- свойств веществ, среднесуточной ПДК.
- 2) Эксперимент на добровольцах, определение ПДК максимально разового
- 3) Установление лимитирующего показателя, ОДК, которая уст на 3 года
- 4) Установление ПДК (на 5 лет)
- 5) Пересмотр ПДК

Одним из разделов промышленной токсикологии является нормирование содержания химических веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиеническое нормирование - это установление пределов интенсивности и продолжительности воздействия на организм человека факторов окружающей среды с целью предотвращения повреждения органов и систем человека и развития заболеваний. Гигиеническое нормирование является основной задачей гигиены.

Всего выделяют 9 принципов гигиенического нормирования химических веществ:

1. Принцип примата медицинских показаний. Этот принцип основан на том положении, что при установлении гигиенического норматива вредного фактора принимаются во внимание только особенности его действия на организм человека и санитарные условия жизни.
2. Принцип дифференциации биологических ответов. Этот принцип учитывает то положение, что если рассматривать спектр всех возможных реакций организма на химическое воздействие в зависимости от его дозы, то можно дифференцировать следующие виды биологических ответов: смерть, клинические признаки болезни, физиологические и биохимические признаки болезни, функциональные (адаптивные) изменения в организме, накопление нормируемого вещества в органах и тканях. Таким образом, из второго принципа вытекают следующие выводы: - гигиенические нормативы устанавливаются в расчете на наиболее чувствительные группы работающих (дети, женщины, пожилые люди); - сила воздействия вредного химического фактора на производстве должна быть ниже четвертого уровня, т.е. ниже защитно-приспособительных реакций в расчете на эти группы работающих.
3. Принцип разделения объектов санитарной охраны. В связи со специфичностью физико-химических и биологических свойств ксенобиотиков, а также многообразием путей поступления вредных веществ, особенностями их воздействия на организм работающих гигиенический норматив устанавливается для каждого объекта среды: воздуха рабочей зоны, атмосферного воздуха, уровня загрязнения кожных покровов и т.д.
4. Принцип учета всех возможных неблагоприятных воздействий. Этот принцип заключается в том, что каждому виду неблагоприятного воздействия соответствуют показатели вредности, действующую величину которых необходимо установить с помощью эксперимента.
5. Принцип пороговости. При любом воздействии существуют пороговые значения фактора, ниже которого в организме не происходят неблагоприятные изменения, т.е. за известными пределами доз и концентраций в организме не наступают патологические изменения. Принцип пороговости действия вредных веществ является центральным принципом гигиенического нормирования.
6. Принцип зависимости эффекта от концентрации (дозы) и времени сформулирован на основании математического описания закономерностей влияния химического фактора в зависимости от концентрации (дозы) и времени. Для острых воздействий, которые регистрируются практически мгновенно, эффект зависит от концентрации (дозы) и поэтому для их описания используется кривая «концентрация (доза) – эффект». Для хронических воздействий, проявление которых связано с функциональной или материальной кумуляцией ксенобиотика, эффект зависит не только от концентрации (дозы), но и от времени воздействия, поэтому хронические эффекты описываются кривой «концентрация - время – эффект».
7. Принцип лабораторного эксперимента заключается в том, что токсикологические исследования проводятся в лабораторных условиях. Это позволяет проводить эксперименты всеми разработчиками гигиенических нормативов в строго стандартизированных, сопоставимых условиях, что ведет к унификации методики проведения исследований в различных лабораториях и делает правомерным сравнение результатов.
8. Принцип аггравации вытекает из принципа лабораторного эксперимента и обусловлен тем, что в лабораторных условиях трудно смоделировать процессы, которые полностью учитывали бы все факторы производственной среды. Поэтому из всего многообразия факторов производственной среды отбираются только те, которые играют решающую роль в воздействии на организм человека, и моделируются такие условия эксперимента, которые в максимальной степени способствуют проявлению действия нормируемого ксенобиотика.
9. Принцип относительности норматива. Любой утвержденный норматив не является абсолютным.

64. Система мероприятий по предупреждению (снижению) поступлений вредных выбросов в атмосферу. Общая характеристика.

Технологические и технические мероприятия

Технологические и технические мероприятия осуществляются в источнике загрязнения атмосферного воздуха. К ним относятся замена источников энергии менее вредными, сырьё — менее токсичными,

предварительная обработка топлива или сырья с целью снижения вредности выброса, совершенствование технологического процесса с целью снижения объема выброса или его вредности (использование мокрых технологических процессов взамен сухих). Большое значение имеет также герметизация технологического оборудования, аппаратуры, межцехового транспорта, рекуперация (возвращение в технологический процесс) летучих веществ. В качестве примера рассмотрим несколько технологических мероприятий в наиболее актуальных отраслях хозяйства.

Ярким примером технологических мероприятий, резко сокративших объемы и вредность выбросов в атмосферный воздух в черной металлургии, является бездоменный процесс прямого восстановления железа из предварительно подготовленной руды с помощью каталитически разложенного на оксид углерода и метан природного газа. При этом исключается выброс пыли, характерный для доменного процесса, а большая часть непрореагировавших горючих газов и аэрозолей оксидов металлов рекуперруется.

Замена каменного угля топочным мазутом или природным газом на предприятиях тепловой энергетики позволяет исключить загрязнение атмосферного воздуха золой и значительно снизить объемы газообразных выбросов. Большую роль играют переход от традиционных методов сжигания угля к использованию новых топочных устройств, внедрение парогазовых и газотурбинных установок с внутрицикловой газификацией угля. Потери легких фракций углеводородов при хранении нефти могут быть сокращены за счет уменьшения объема газового пространства резервуаров хранения нефтепродуктов с помощью плавающих крыш, понтонов и др., применения дисков-отражателей. Предварительная десульфурация топлива (понижение содержания серы) дает существенный эффект, особенно при сжигании в качестве топлива природного газа. Очистка газа от сероводорода производится на специальных установках с помощью моноэтаноламина, который используется в качестве абсорбента.

Немаловажное значение для охраны атмосферного воздуха на предприятиях нефтедобычи имеют обеспечение рациональной эксплуатации резервуаров, сокращение числа внутрискладских перекачек. Заполнение резервуаров нефтепродуктами должно производиться по возможности сразу после их опорожнения, ибо в этот период паровоздушная смесь в резервуаре является бедной, т.е. содержит углеводороды в малых концентрациях. Известно, что газовое пространство полностью насыщается (за счет жидких остатков) после опорожнения резервуара через 2-3 сут, что увеличивает выброс паров нефтепродуктов при заполнении резервуара.

Технологические приемы уменьшения загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами ДВС разнообразны. Среди них наибольшее значение имеют применение присадок к топливу для уменьшения дымности и токсичности отработавших газов дизельных двигателей, замена антидетонационных присадок, в частности тетраэтилсвинца, новыми, менее токсичными добавками к моторному топливу.

Выброс отработавших газов может быть снижен также за счет разнообразных приемов регулировки двигателя (обогащение смеси, уменьшение угла опережения зажигания, снижение степени сжатия, увеличение частоты вращения вала двигателя, впрыск воды во впускной трубопровод, частичная рециркуляция отработавших газов).

Количество и токсичность отработавших газов ДВС автомобилей на газовом топливе значительно ниже, чем на бензиновом. Перспективны также разработки по замене углеводородного топлива другими продуктами, например метанолом или растительным маслом, а также использование в городах автомобилей (городских такси) с комбинированными двигателями (электрическим и ДВС на газе).

Санитарно-технические мероприятия

Их целью является извлечение или нейтрализация компонентов выбросов, находящихся в газообразной, жидкой или твердой форме, от организованных стационарных источников. Уловленные компоненты в дальнейшем могут быть возвращены в это же производство, использованы в качестве сырья или добавок (утилизированы; от лат. utilis — полезный) на других предприятиях или захоронены на полигонах твердых промышленных отходов (ТПО), в золоотвалах.

Требования к очистке выбросов от пыли и газа предъявляются с учетом большого многообразия компонентов выбросов в атмосферу, их качественных особенностей. Методы очистки выбросов могут быть разделены на две группы.

Физические методы, используемые для извлечения твердых и жидких примесей — пыли, дыма, капелек тумана или брызг. Это так называемое пылеулавливание. Сюда относятся механические и электростатические методы очистки.

Физико-химические методы очистки для извлечения и утилизации тех или иных примесей из отходящих газов — газоочистка.

Пылеулавливание

Пыль (аэрозоль) в промышленности образуется во многих технологических процессах при механическом измельчении твердых тел, горении топлива, конденсации паров металлов или их оксидов, химическом взаимодействии двух или нескольких газов.

Борьба с пылью возможна путем как предупреждения образования ее в процессе производства, так и очистки выбросов в специальных аппаратах. Все пылеулавливающие аппараты подразделяются на 4 группы.

Сухие, или механические, пылеуловители, в которых частицы пыли отделяются от газа с помощью механической силы. Сюда относятся пылесадительные камеры, жалюзийные пылеуловители, циклоны, батарейные циклоны и др. Они применяются в качестве первой ступени очистки газов перед более эффективными пыле- и золоуловителями.

В мокрых пылеуловителях частицы пыли отделяются от газа с помощью промывки той или иной жидкостью, преимущественно водой. Среди аппаратов мокрого пылеулавливания следует назвать скрубберы, барботажные и пенные уловители, мокрые пылеуловители ударно- инерционного действия.

Фильтры, которые задерживают пыль при пропускании через тот или иной фильтрующий материал. Фильтры делятся на тканевые, волокнистые и зернистые. Принцип действия электрофильтров отличается от такового описанных выше аппаратов. В них задержка пыли происходит под действием электростатических сил. Особенно эффективны электрофильтры при улавливании мелкодисперсной пыли.

Очень часто только один из указанных способов не позволяет добиться достаточно полной очистки газов от пыли. Поэтому приходится прибегать к комбинации очистных сооружений, например, может быть использована система, состоящая из циклона и электрофильтра, из скруббера и пенного промывателя и др.

Сооружения для сухой инерционной очистки выбросов от пыли. В гравитационных пылеотделителях, так называемых пылесадочных камерах или инерционных пылеотделителях (рис. 1), отделение пылевых частиц происходит вследствие осаждения под действием силы тяжести. Благодаря переходу газовой струи из трубы или канала в большую по сечению камеру скорость воздушного потока, содержащего пылевые частицы, резко снижается и частицы выпадают, увлекаемые силой тяжести. Как правило, эти сооружения используются для очистки воздуха от сравнительно крупных (диаметр 40-100 мкм) пылевых частиц. Эффективность их работы зависит от размера пылевых частиц, скорости движения воздуха в камере. Максимальная скорость воздушного потока, содержащего пылевые частицы, в камере не должна превышать 3 м/с. При большей скорости воздуха возможен унос пылевых частиц. Пылесадочные камеры могут работать при повышенной температуре выброса. В основном их применение оправдано в качестве первой ступени очистки газа перед подачей в более эффективные пылеуловители.

Наиболее распространенный тип инерционных пылеуловителей — циклоны. Для придания пылевым частицам большей силы инерции используется непрерывно действующая центробежная сила. Пылеуловители этого типа представляют собой сооружения цилиндрической или конической формы, в которые очищаемая пылегазовая смесь подается по касательной к поверхности корпуса сооружения (рис. 2). Благодаря быстрому вихревому движению газового потока пылевые частицы с силой отбрасываются к стенкам циклона и под действием силы тяжести скатываются вниз, в конусовидную часть циклона (пылесборник). При периодическом автоматическом открывании заслонки пылесборника пыль проваливается в бункер.

Циклоны находят широкое применение во многих отраслях промышленности, в частности в цементной, бумажной, текстильной, лесобработывающей, пищевой и др. Циклоны служат в качестве первой ступени очистки газов, поступающих из сушильных барабанов, углесушилок, мельничных агрегатов. Они применяются также для одноступенчатой очистки дымовых газов в небольших котельных. Циклоны служат преимущественно для удаления из воздуха частиц размером более 30-40 мкм. С уменьшением размеров частиц пыли эффективность очистки понижается.

Эффективность работы циклонов зависит от многих факторов. Большое значение имеют время нахождения пылевых частиц в вихревом потоке, число витков газового потока, дисперсность пылевых частиц. В эффективности задержки твердых частиц важную роль играет диаметр циклона. Установлено, что чем он меньше, тем эффективнее очистка от пылевых частиц. Поэтому вместо

циклонов с диаметром в несколько метров стали строить аппараты, диаметр которых исчисляется сантиметрами.

Поскольку при этом пропускная способность понижается, для очистки больших количеств выбросов устанавливают батарею таких устройств малого диаметра. Эти сооружения получили название батарейных циклонов, или мультициклонов. Каждый единичный циклон в мультициклоне имеет собственный вход газа, но пылесборник у них общий (рис. 3). Частицы пыли размером 10-15 мкм улавливаются в батарейных циклонах более чем на 90%. С эффективностью пылеулавливания 90-96% мультициклоны применяются для очистки выбросов летучей золы из топок с колосниковыми решетками, из установок, использующих пылевидное топливо, для отделения пыли, выбрасываемой из вращающихся печей цементного производства, из агломерационных установок, различного рода сушилок и известковых печей

Сооружения для мокрого пылеулавливания. Устройства для мокрого пылеулавливания используются для улавливания пылевых частиц размером от 1 до 100 мкм. Их применяют для предварительной очистки выбросов перед электрофильтрами, рукавными фильтрами. В качестве орошающей жидкости в аппаратах мокрого пылеулавливания используют, как правило, воду.

По способу действия аппараты для мокрой очистки газов делятся на следующие группы: 1) полые газопромыватели (промывные камеры и башни, полые скрубберы); 2) насадочные газопромыватели (насадочный скруббер); 3) барботажные и ценные аппараты; 4) мокрые аппараты ударно-инерционного типа (ротоклон и др.); 5) мокрые аппараты центробежного действия (циклон с водяной пленкой, скруббер ВТИ, мокрые прутковые уловители ВТИ); 6) динамические газопромыватели (механические скрубберы, дезинтеграторы); 7) скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури).

Распространенными сооружениями для мокрого пылеулавливания являются скрубберы, обеспечивающие высокую степень очистки воздуха от частиц пыли (рис. 4). В некоторых типах скрубберов для улавливания частиц пыли используется только распыление воды (полый скруббер). В других типах скрубберов могут быть встроенные насадки с пористым материалом (насадочные скрубберы). В них воздух очищается от пыли за счет как действия распыленной воды, так и улавливания ее смоченной поверхностью насадки. В барботажных и пенных аппаратах очищаемые газы проходят через слой жидкости в виде пузырьков. Эти сооружения эффективны для улавливания пылевых частиц размером более 5 мкм. Однако вследствие невысокой производительности барботажные пылеуловители сейчас применяются мало.

В пенных аппаратах за счет определенной скорости подачи очищаемого газа в зону контакта с жидкостью происходит переход жидкости в состояние турбулизированной пены. Линейная скорость газов, равная 1 м/с, обеспечивает устойчивый пенный режим.

Фильтрующие сооружения для пылеулавливания. Для очистки газа путем фильтрации существуют тканевые, волокнистые фильтры и фильтры с зернистой загрузкой.

Тканевые фильтры. Другое название этих сооружений — рукавные фильтры. Как видно на рис. 7.5, рукавный фильтр состоит из ряда матерчатых рукавов, подвешенных внутри корпуса фильтра. Подлежащий очистке газ подается в нижнюю часть корпуса, поступает внутрь матерчатых рукавов; пыль остается на внутренней поверхности рукавов, а воздух проникает через поры материала рукавов и выводится наружу. По мере работы фильтра поры материала забиваются пылью, сопротивление фильтра возрастает и возникает необходимость очистки фильтра. Очистка производится путем автоматического встряхивания рукавов. В некоторых конструкциях, кроме того, производится продувка рукавов обратным током воздуха. Пыль из рукавов при встряхивании попадает в бункер, из которого удаляется шнековым устройством. Рукавные фильтры находят широкое применение в цветной металлургии, цементной промышленности, на мукомольных предприятиях.

Волокнистые фильтры. Фильтрующие волокнистые материалы выпускаются на основе перхлорвинила (ткань ФПП), ацетилцеллюлозы (ткань ФПА) и др. Ткань ФПП может эксплуатироваться при температуре от 60 °С до -250 °С. Ткань ФПА является термостойкой, выдерживает температуру до 200 °С, но растворяется в сильных кислотах. Фильтры тонкой очистки газов работают эффективно лишь в том случае, если концентрация аэрозоля в воздухе не превышает 0,5 мг/м³. Поэтому воздух должен подвергаться предварительной очистке с помощью любых других устройств — циклонов, тканевых фильтров на основе грубого волокна и пр. Кроме того, на эффективность работы фильтров тонкой очистки неблагоприятно влияет наличие паров или капель жидкости в очищаемом воздухе.

Зернистые фильтры. В них улавливающие элементы (полимерные гранулы, куски гранита и другой материал) могут быть в неподвижном или подвижном состоянии. Эти типы фильтров позволяют

очищать газы с температурой до 1000 °С. Кроме того, материал загрузки фильтра устойчив к действию кислот, щелочей и других агрессивных сред.

Пылеочистка в постоянном электрическом поле, электрофильтры. Очистка воздуха на электрофильтре осуществляется за счет электростатических сил. Для этого воздух пропускают между двумя электродами с направленным в одну сторону полем высокого напряжения. Частицы пыли задерживаются у противоположно заряженного так называемого осадительного электрода. С него пылевые частицы удаляются механическим путем в бункер. Различают трубчатые и пластинчатые электрофильтры. В первых осадительные электроды имеют вид трубок, внутри них подвешиваются коронирующие электроды. Пластинчатые электрофильтры состоят из параллельно размещенных пластин осадительных электродов, а между ними располагаются коронирующие электроды. Осадительные электроды электрофильтров заземляются. Электрофильтры с успехом применяются для обеспыливания выбросов и аспирационного воздуха агломерационных установок в металлургии, для очистки доменного газа, выбросов из вращающихся печей цементных заводов, в производстве серной кислоты.

Электрофильтры относятся к наиболее эффективным средствам очистки воздуха от пыли.

Достоинством их является способность очищать воздух, содержащий частицы с самым малым диаметром — собственно пыль, дымы и туманы.

Зная техническую эффективность тех или иных сооружений, а также объем выброса и дисперсный состав пыли в нем, в процессе гигиенической экспертизы проектов строительства объектов хозяйственной и иной деятельности, а также санитарно-эпидемиологического надзора при их эксплуатации можно грамотно оценивать гигиеническую эффективность предусматриваемых или осуществляемых санитарно-технических мероприятий по охране атмосферного воздуха.

Химические методы газоочистки

Для очистки промышленных выбросов в атмосферу от газовых компонентов используются абсорбция жидкостью, адсорбция твердым веществом, каталитическое превращение вредных газообразных компонентов выброса в безвредные соединения.

Абсорбционный метод. Суть его состоит в переводе молекул вредных примесей из газовой среды выброса в жидкую фазу абсорбента. Чаще всего в качестве абсорбента применяются вода или водные растворы оснований и кислот, в некоторых случаях предпочтение отдается маслам или другим жидкостям. Абсорбенты могут просто растворять газы, не вступая с ними во взаимодействие (физические абсорбенты). Другие абсорбенты могут вступать в реакции с очищаемым газом, образуя при этом другие соединения, например раствор едкого натра, этаноламин и др. (химические абсорбенты). Химическая абсорбция применяется для очистки газов от сероводорода, диоксида углерода, диоксида серы и др. При этом абсорбентами являются водные растворы слабых оснований. Часть абсорбентов после использования может быть регенерирована и возвращена в технологический процесс. Выпадающие в процессе регенерации соли (шлам) утилизируются, а при невозможности утилизации направляются на захоронение в шламоотвалы или на полигоны ТПО.

Наиболее простым аппаратом абсорбционной очистки является промывная башня. Она представляет собой полое цилиндрическое сооружение с различными насадками внутри, которые обеспечивают большую поверхность контакта газа с абсорбентом. Газ поступает снизу навстречу жидкости через насадки, проходит через жидкость и поднимается к следующей тарелке с колпачками. Используются также мокрые центробежные скрубберы. Вода в них распыляется сверху башни и подается противотоком очищаемому газу.

Одной из широко применяющихся разновидностей химической абсорбции, сопровождающейся необратимой реакцией, является процесс поглощения кислых газов растворами сильных оснований. Адсорбционный метод основан на способности некоторых материалов поглощать из газов примеси. Он находит применение прежде всего там, где в ходе производственного процесса теряются ценные продукты, в частности растворители. Чаще всего в качестве адсорбента применяют активированный уголь, силикагель и другие материалы.

Процесс очистки состоит из 3 этапов: контакта газа с твердым адсорбентом, десорбции, т.е. отделения уловленных газообразных примесей паров растворителей), и рекуперации растворителей после регенерации. Десорбция производится с помощью пара. После этого уголь вновь пригоден к использованию в качестве адсорбента. Эффективность адсорбционных методов может достигать 98%. Следует заметить, что абсорбционные и адсорбционные методы очистки газов имеют ряд недостатков. В частности, при низких концентрациях удаляемых примесей, например диоксида серы, галоидов, сероводорода, серной кислоты эти методы малоэффективны и неэкономичны. В этих

случаях предпринимаются попытки использовать для поглощения и очистки газов ионообменные смолы.

Поглощение газов ионообменными смолами представляет собой процесс молекулярной сорбции. Ионитами могут быть кислоты, основания, комплексообразователи, окислители. Применяются и полимеры с неионогенными функциональными группами.

Каталитические методы. В некоторых производствах, когда в выбросах имеются многокомпонентные смеси загрязняющих веществ, химические, сорбционные и конденсационные методы очистки отходящих газов не дают нужного эффекта. Эффективными в этих случаях могут оказаться методы очистки воздуха от органических примесей каталитическим окислением (дожиганием). Большое значение имеют подбор соответствующего катализатора и режим его работы. Схема процесса каталитического окисления представлена на рис.5.

Отходящие газы в ловушке освобождаются от несгораемых компонентов и конденсата. Затем они нагреваются в теплообменнике за счет тепла очищенного газа и в подогревателе до температуры начала реакции. В контактном аппарате газы окисляются на том или ином катализаторе до диоксида углерода и воды. Очищенные газы выбрасываются в атмосферу.

Исследования показали, что наибольшей каталитической активностью обладают хромоникелевые сплавы. Пропускание паров этилового спирта и ксилола через эти катализаторы при температуре 350-450 °С приводит к полному их окислению.

На нефтеперегонных заводах остаточные горючие газы, не задержанные на очистных сооружениях, обезвреживают путем сжигания (окисления) «на трубе».

При достаточных концентрациях горючих веществ в выбросе сгорание осуществляется самопроизвольно после инициированного первичного воспламенения. При малых концентрациях сжигание осуществляют с помощью различных катализаторов.

Для обеспечения окисления оксида углерода и углеводородов в отработавших газах ДВС автомобилей до конечных продуктов сгорания применяются пламенные нейтрализаторы. Для дожигания углеводородов и оксида углерода, разложения оксидов азота внедряются каталитические нейтрализаторы. Каталитические нейтрализаторы делятся на окислительные, восстановительные и трехкомпонентные. Из них более распространены окислительные, используемые и на дизельных, и на бензиновых двигателях. Они обеспечивают окисление оксида углерода, углеводородов и альдегидов. Восстановительные нейтрализаторы используются меньше, в основном для восстановления оксида азота. Трехкомпонентные нейтрализаторы предназначены для очистки отработавших газов от оксида углерода, углеводородов, оксидов азота. Каталитические нейтрализаторы достаточно эффективны, однако стоимость их очень велика.

Из рассмотренных типов сооружений и их модификаций на предприятии разрабатывают схемы очистных сооружений для обезвреживания выбросов; состав сооружений и их последовательность в схеме определяются физико-химическими характеристиками выброса, мощностью предприятия, техническими параметрами отдельных очистных сооружений.

Планировочные мероприятия

Технологическими и санитарно-техническими мероприятиями не всегда удается обеспечить качество выброса, при котором соблюдается состав атмосферного воздуха поселений на уровне требований санитарных правил и нормативов. В этом случае возникает необходимость использования планировочных мероприятий. 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.

Высота дымовой или вентиляционной трубы

Одним из планировочных мероприятий по защите атмосферного воздуха является регулирование условий рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере путем увеличения высоты выброса. Чаще всего это касается трубы предприятий тепловой энергетики. Обычная высота трубы таких предприятий 100-120 м. При этом радиус зоны задымления, в которой приземные концентрации превышают уровень ПДК, составляет 2-2,5 км. При увеличении высоты трубы до 180-240 м, а в некоторых случаях до 300 м радиус зоны задымления увеличивается до 5-10 км, однако приземные концентрации загрязнений значительно уменьшаются. Это обусловлено двумя причинами: расширением угла раскрытия факела выброса и повышением турбулентности за счет более высоких

скоростей ветра на высоте. Таким образом, увеличение высоты трубы на энергетических объектах не сопровождается сокращением объема выброса или снижением его вредности; оно лишь снижает приземные концентрации его компонентов. Однако при этом увеличивается количество населения, проживающего в зоне влияния выброса.

Планировка территории поселения

Некоторые планировочные мероприятия на территории селитебной зоны направлены в основном на уменьшение вредности автотранспорта, как источника загрязнения атмосферного воздуха. Кроме упомянутых выше санитарных разрывов между автомагистралями и жилой зоной и их озеленения, снижения концентрации отработавших газов ДВС (двигателей внутреннего сгорания) в жилой зоне можно добиться некоторыми планировочными приемами.

Учитывая, что неравномерность работы ДВС (частые остановки, работа на холостом ходу, частые переключения скоростей и др.) является ведущей причиной повышения токсичности отработавших газов, большую роль в оздоровлении атмосферы играет рационализация дорожной сети. К приемам рационализации относится организация безветофорных транспортных развязок путем строительства подземных туннелей, надземных эстакад. Большой эффект дает строительство обводных или кольцевых дорог для исключения транзитных потоков автотранспорта через территорию городской застройки.

Административные мероприятия

Административные мероприятия, направленные на охрану атмосферного воздуха поселений, заключаются в организации одностороннего движения на узких улицах города, пешеходных зон, на которых запрещено движение автотранспорта, оборудование перехватывающих стоянок автотранспорта у конечных станций метрополитена и других способов регулирования транспортных потоков.

Не менее эффективны и мероприятия, направленные на контроль состояния ДВС: соблюдение установленных сроков и регламента технического обслуживания, сроков техосмотра транспортных средств органами ГАИ, введение штрафных санкций за нарушение указанных сроков.

Особо следует отметить административно вводимое временное ограничение мощности предприятий, имеющих выбросы в атмосферу, на период прогноза опасных погод (глубокие температурные инверсии, длительное безветрие и др.).

65. Санитарно-технические мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения.

Технологические и технические мероприятия

Технологические и технические мероприятия осуществляются в источнике загрязнения атмосферного воздуха. К ним относятся замена источников энергии менее вредными, сырьё — менее токсичными, предварительная обработка топлива или сырья с целью снижения вредности выброса, совершенствование технологического процесса с целью снижения объема выброса или его вредности (использование мокрых технологических процессов взамен сухих). Большое значение имеет также герметизация технологического оборудования, аппаратуры, межцехового транспорта, рекуперация (возвращение в технологический процесс) летучих веществ.

Санитарно-технические мероприятия

Их целью является извлечение или нейтрализация компонентов выбросов, находящихся в газообразной, жидкой или твердой форме, от организованных стационарных источников. Уловленные компоненты в дальнейшем могут быть возвращены в это же производство, использованы в качестве сырья или добавок (утилизированы; от лат. utilis — полезный) на других предприятиях или захоронены на полигонах твердых промышленных отходов (ТПО), в золоотвалах.

Требования к очистке выбросов от пыли и газа предъявляются с учетом большого многообразия компонентов выбросов в атмосферу, их качественных особенностей. Методы очистки выбросов могут быть разделены на две группы.

Физические методы, используемые для извлечения твердых и жидких примесей — пыли, дыма, капелек тумана или брызг. Это так называемое пылеулавливание. Сюда относятся механические и электростатические методы очистки.

Физико-химические методы очистки для извлечения и утилизации тех или иных примесей из отходящих газов — газоочистка.

Пылеулавливание

Пыль (аэрозоль) в промышленности образуется во многих технологических процессах при механическом измельчении твердых тел, горении топлива, конденсации паров металлов или их оксидов, химическом взаимодействии двух или нескольких газов.

Борьба с пылью возможна путем как предупреждения образования ее в процессе производства, так и очистки выбросов в специальных аппаратах. Все пылеулавливающие аппараты подразделяются на 4 группы.

- Сухие, или механические, пылеуловители, в которых частицы пыли отделяются от газа с помощью механической силы. Сюда относятся пылесадительные камеры, жалюзийные пылеуловители, циклоны, батарейные циклоны и др. Они применяются в качестве первой ступени очистки газов перед более эффективными пыле- и золоуловителями.

- В мокрых пылеуловителях частицы пыли отделяются от газа с помощью промывки той или иной жидкостью, преимущественно водой. Среди аппаратов мокрого пылеулавливания следует назвать скрубберы, барботажные и пенные уловители, мокрые пылеуловители ударно- инерционного действия.

Фильтры, которые задерживают пыль при пропускании через тот или иной фильтрующий материал. Фильтры делятся на тканевые, волокнистые и зернистые. Принцип действия электрофильтров отличается от такового описанных выше аппаратов. В них задержка пыли происходит под действием электростатических сил. Особенно эффективны электрофильтры при улавливании мелкодисперсной пыли.

Очень часто только один из указанных способов не позволяет добиться достаточно полной очистки газов от пыли. Поэтому приходится прибегать к комбинации очистных сооружений, например, может быть использована система, состоящая из циклона и электрофильтра, из скруббера и пенного промывателя и др.

Сооружения для сухой инерционной очистки выбросов от пыли. В гравитационных пылеотделителях, так называемых пылесадочных камерах или инерционных пылеотделителях, отделение пылевых частиц происходит вследствие осаждения под действием силы тяжести. Благодаря переходу газовой струи из трубы или канала в большую по сечению камеру скорость воздушного потока, содержащего пылевые частицы, резко снижается и частицы выпадают, увлекаемые силой тяжести. Как правило, эти сооружения используются для очистки воздуха от сравнительно крупных (диаметр 40-100 мкм) пылевых частиц. Эффективность их работы зависит от размера пылевых частиц, скорости движения воздуха в камере. Максимальная скорость воздушного потока, содержащего пылевые частицы, в камере не должна превышать 3 м/с. При большей скорости воздуха возможен унос пылевых частиц. Пылесадочные камеры могут работать при повышенной температуре выброса. В основном их применение оправдано в качестве первой ступени очистки газа перед подачей в более эффективные пылеуловители.

Наиболее распространенный тип инерционных пылеуловителей — циклоны (КПД-50%). Для придания пылевым частицам большей силы инерции используется непрерывно действующая центробежная сила. Пылеуловители этого типа представляют собой сооружения цилиндрической или конической формы, в которые очищаемая пылегазовая смесь подается по касательной к поверхности корпуса сооружения (рис. 2). Благодаря быстрому вихревому движению газового потока пылевые частицы с силой отбрасываются к стенкам циклона и под действием силы тяжести скатываются вниз, в конусовидную часть циклона (пылесборник). При периодическом автоматическом открывании заслонки пылесборника пыль проваливается в бункер.

Эффективность работы циклонов зависит от многих факторов. Большое значение имеют время нахождения пылевых частиц в вихревом потоке, число витков газового потока, дисперсность пылевых частиц. В эффективности задержки твердых частиц важную роль играет диаметр циклона. Установлено, что чем он меньше, тем эффективнее очистка от пылевых частиц. Поэтому вместо циклонов с диаметром в несколько метров стали строить аппараты, диаметр которых исчисляется сантиметрами.

Поскольку при этом пропускная способность понижается, для очистки больших количеств выбросов устанавливаются батареи таких устройств малого диаметра. Эти сооружения получили название батарейных циклонов, или мультициклонов (КПД - 75-80%). Каждый единичный циклон в мультициклоне имеет собственный вход газа, но пылесборник у них общий.

Сооружения для мокрого пылеулавливания. Устройства для мокрого пылеулавливания используются для улавливания пылевых частиц размером от 1 до 100 мкм. Их применяют для предварительной очистки

выбросов перед электрофильтрами, рукавными фильтрами. В качестве орошающей жидкости в аппаратах мокрого пылеулавливания используют, как правило, воду.

По способу действия аппараты для мокрой очистки газов делятся на следующие группы: 1) полые газопромыватели (промывные камеры и башни, полые скрубберы); 2) насадочные газопромыватели (насадочный скруббер); 3) барботажные и ценные аппараты; 4) мокрые аппараты ударно-инерционного типа (ротоклон и др.); 5) мокрые аппараты центробежного действия (циклон с водяной пленкой, скруббер ВТИ, мокрые прутковые уловители ВТИ); 6) динамические газопромыватели (механические скрубберы, дезинтеграторы); 7) скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури).

Распространенными сооружениями для мокрого пылеулавливания являются скрубберы (КПД - 90%), обеспечивающие высокую степень очистки воздуха от частиц пыли. В некоторых типах скрубберов для улавливания частиц пыли используется только распыление воды (полый скруббер). В других типах скрубберов могут быть встроенные насадки с пористым материалом (насадочные скрубберы). В них воздух очищается от пыли за счет как действия распыленной воды, так и улавливания ее смоченной поверхностью насадки. В барботажных и пенных аппаратах очищаемые газы проходят через слой жидкости в виде пузырьков. Эти сооружения эффективны для улавливания пылевых частиц размером более 5 мкм. Однако вследствие невысокой производительности барботажные пылеуловители сейчас применяются мало.

В пенных аппаратах за счет определенной скорости подачи очищаемого газа в зону контакта с жидкостью происходит переход жидкости в состояние турбулизированной пены. Линейная скорость газов, равная 1 м/с, обеспечивает устойчивый пенный режим.

Фильтрующие сооружения для пылеулавливания. Для очистки газа путем фильтрации существуют тканевые (КПД - 99%), волокнистые фильтры и фильтры с зернистой загрузкой.

Пылеочистка в постоянном электрическом поле, электрофильтры. Очистка воздуха на электрофильтре (КПД - 99,9%) осуществляется за счет электростатических сил. Для этого воздух пропускают между двумя электродами с направленным в одну сторону полем высокого напряжения. Частицы пыли задерживаются у противоположно заряженного так называемого осадительного электрода. С него пылевые частицы удаляются механическим путем в бункер. Различают трубчатые и пластинчатые электрофильтры. В первых осадительные электроды имеют вид трубок, внутри них подвешиваются коронирующие электроды. Пластинчатые электрофильтры состоят из параллельно размещенных пластин осадительных электродов, а между ними располагаются коронирующие электроды. Осадительные электроды электрофильтров заземляются. Электрофильтры с успехом применяются для обеспыливания выбросов и аспирационного воздуха агломерационных установок в металлургии, для очистки доменного газа, выбросов из вращающихся печей цементных заводов, в производстве серной кислоты.

Электрофильтры относятся к наиболее эффективным средствам очистки воздуха от пыли. Достоинством их является способность очищать воздух, содержащий частицы с самым малым диаметром — собственно пыль, дымы и туманы.

Химические методы газоочистки (обезвреживания газовых выбросов)

Для очистки промышленных выбросов в атмосферу от газовых компонентов используются абсорбция жидкостью, адсорбция твердым веществом, каталитическое превращение вредных газообразных компонентов выброса в безвредные соединения.

Абсорбционный метод. Суть его состоит в переводе молекул вредных примесей из газовой среды выброса в жидкую фазу абсорбента. Чаще всего в качестве абсорбента применяются вода или водные растворы оснований и кислот, в некоторых случаях предпочтение отдается маслам или другим жидкостям. Абсорбенты могут просто растворять газы, не вступая с ними во взаимодействие (физические абсорбенты). Другие абсорбенты могут вступать в реакции с очищаемым газом, образуя при этом другие соединения, например раствор едкого натра, этаноламин и др. (химические абсорбенты). Химическая абсорбция применяется для очистки газов от сероводорода, диоксида углерода, диоксида серы и др. При этом абсорбентами являются водные растворы слабых оснований. Часть абсорбентов после использования может быть регенерирована и возвращена в технологический процесс. Выпадающие в процессе регенерации соли (шлам) утилизируются, а при невозможности утилизации направляются на захоронение в шламоотвалы или на полигоны ТПО.

Наиболее простым аппаратом абсорбционной очистки является промывная башня. Она представляет собой полое цилиндрическое сооружение с различными насадками внутри, которые

обеспечивают большую поверхность контакта газа с абсорбентом. Газ поступает снизу навстречу жидкости через насадки, проходит через жидкость и поднимается к следующей тарелке с колпачками. Используются также мокрые центробежные скрубберы. Вода в них распыляется вверху башни и подается противотоком очищаемому газу.

Одной из широко применяющихся разновидностей химической абсорбции, сопровождающейся необратимой реакцией, является процесс поглощения кислых газов растворами сильных оснований.

Адсорбционный метод основан на способности некоторых материалов поглощать из газов примеси. Он находит применение прежде всего там, где в ходе производственного процесса теряются ценные продукты, в частности растворители. Чаще всего в качестве адсорбента применяют активированный уголь, силикагель и другие материалы.

Процесс очистки состоит из 3 этапов: контакта газа с твердым адсорбентом, десорбции, т.е. отделения уловленных газообразных примесей паров растворителей), и рекуперации растворителей после регенерации. Десорбция производится с помощью пара. После этого уголь вновь пригоден к использованию в качестве адсорбента. Эффективность адсорбционных методов может достигать 98%.

Следует заметить, что абсорбционные и адсорбционные методы очистки газов имеют ряд недостатков. В частности, при низких концентрациях удаляемых примесей, например диоксида серы, галоидов, сероводорода, серной кислоты эти методы малоэффективны и неэкономичны. В этих случаях предпринимаются попытки использовать для поглощения и очистки газов ионообменные смолы.

Поглощение газов ионообменными смолами представляет собой процесс молекулярной сорбции. Ионитами могут быть кислоты, основания, комплексообразователи, окислители. Применяются и полимеры с неионогенными функциональными группами.

Каталитические методы. В некоторых производствах, когда в выбросах имеются многокомпонентные смеси загрязняющих веществ, химические, сорбционные и конденсационные методы очистки отходящих газов не дают нужного эффекта. Эффективными в этих случаях могут оказаться методы очистки воздуха от органических примесей каталитическим окислением (дожиганием). Большое значение имеют подбор соответствующего катализатора и режим его работы.

Отходящие газы в ловушке освобождаются от несгораемых компонентов и конденсата. Затем они нагреваются в теплообменнике за счет тепла очищенного газа и в подогревателе до температуры начала реакции. В контактном аппарате газы окисляются на том или ином катализаторе до диоксида углерода и воды. Очищенные газы выбрасываются в атмосферу.

При достаточных концентрациях горючих веществ в выбросе сгорание осуществляется самопроизвольно после инициированного первичного воспламенения. При малых концентрациях сжигание осуществляют с помощью различных катализаторов.

Для обеспечения окисления оксида углерода и углеводородов в отработавших газах ДВС автомобилей до конечных продуктов сгорания применяются пламенные нейтрализаторы. Для дожигания углеводородов и оксида углерода, разложения оксидов азота внедряются каталитические нейтрализаторы. Каталитические нейтрализаторы делятся на окислительные, восстановительные и трехкомпонентные. Из них более распространены окислительные, используемые и на дизельных, и на бензиновых двигателях. Они обеспечивают окисление оксида углерода, углеводородов и альдегидов. Восстановительные нейтрализаторы используются меньше, в основном для восстановления оксида азота. Трехкомпонентные нейтрализаторы предназначены для очистки отработавших газов от оксида углерода, углеводородов, оксидов азота. Каталитические нейтрализаторы достаточно эффективны, однако стоимость их очень велика.

66. Планировочные, экономические и административные мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения выбросами промышленных предприятий.

Планировочные мероприятия

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.

Размер СЗЗ, определяемой относительно выброса химических веществ в атмосферный воздух, рассчитывается от границы промплощадки при наличии низких и средней высоты организованных источников холодных выбросов, рассредоточенных по территории промплощадки, неорганизованных источников выбросов. При наличии только высоких организованных источников нагретых выбросов расчет размера СЗЗ ведется от источника выброса – дымовой или вентиляционной трубы. Расчет размеров СЗЗ относительно физических производственных факторов ведется от источника.

При установлении размеров СЗЗ наряду с расчетами загрязнения атмосферного воздуха проектируемым предприятием обязательно должны учитываться как перспективы развития предприятия, так и фактическое загрязнение воздуха другими существующими источниками воздействия; для повышения надежности решения вопроса о размерах СЗЗ целесообразно учитывать результаты лабораторных исследований атмосферного воздуха в районах размещения аналогичных действующих объектов.

При некоторых условиях возможно изменение размеров СЗЗ. Условием позволяющим уменьшить размер СЗЗ, является объективное доказательство стабильного достижения нормативного уровня загрязнения атмосферного воздуха на границе СЗЗ и за ее пределами материалами систематических (не менее чем годовых) лабораторных наблюдений.

Увеличение размера СЗЗ по сравнению с требуемой по классификации допускается только при невозможности обеспечения современными техническими и технологическими средствами нормативных уровней по любому фактору воздействия, подтвержденной соответствующей квалифицированной экспертизой.

Для объектов с недостаточно изученными технологическими процессами, не имеющими аналогов в стране и за рубежом, размеры СЗЗ устанавливаются в каждом конкретном случае индивидуально.

В СЗЗ не допускается размещение коллективных и индивидуальных дачных и садово-огородных участков; предприятий по производству лекарств, складов фармацевтических предприятий, предприятий пищевой промышленности, оптовых складов продовольственного сырья и пищевых продуктов, спортивных сооружений, парков, образовательных, детских, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений.

На территории СЗЗ может быть разрешено размещение сельхозугодий для выращивания технических культур, не используемых для производства продуктов питания и кормов для домашних животных. Возможно размещение пожарных депо, прачечных, гаражей и площадок для стоянок общественного и индивидуального транспорта, автозаправочных станций, а также связанных с обслуживанием данного предприятия зданий управления, конструкторских бюро, поликлиники. Санитарными правилами разрешено также размещение на территории СЗЗ предприятий меньшего класса вредности.

В СЗЗ предприятий 4-го и 5-го классов должно быть озеленено не менее 60% площади; предприятий 2-го и 3-го классов – не менее 50%, предприятий с СЗЗ 1000 м и более – не менее 40% площади. Зеленые насаждения исполняют роль своеобразных фильтров, влияют на рассеивание промышленных выбросов в атмосфере, изменяя ветровой режим, циркуляцию воздушных масс и др.

Для защиты жилой зоны и рекреационных территорий от неблагоприятного влияния выбросов автомагистралей и линий железнодорожного транспорта санитарными правилами предусмотрены санитарные разрывы, имеющие режим СЗЗ, но не требующие разработки проекта их организации. Величина разрыва определяется в каждом конкретном случае на основании расчета рассеивания загрязнений атмосферного воздуха и уровней воздействия физических факторов (шум, вибрация, электромагнитное поле- ЭМП и др.).

Санитарные разрывы участков сельскохозяйственных полей, которые обрабатываются пестицидами и агрохимикатами авиационным способом, от поселения должны составлять не менее 2000 м.

- Высота дымовой или вентиляционной трубы

Одним из планировочных мероприятий по защите атмосферного воздуха является регулирование условий рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере путем увеличения высоты выброса.

- Планировка территории поселения

Учитывая, что неравномерность работы ДВС (частые остановки, работа на холостом ходу, частые переключения скоростей и др.) является ведущей причиной повышения токсичности отработавших газов, большую роль в оздоровлении атмосферы играет рационализация дорожной сети. К приемам рационализации относится организация безсветофорных транспортных развязок путем строительства подземных туннелей, надземных эстакад. Большой эффект дает строительство обводных или кольцевых дорог для исключения транзитных потоков автотранспорта через территорию городской застройки.

Административные мероприятия

Административные мероприятия, направленные на охрану атмосферного воздуха поселений, заключаются в организации одностороннего движения на узких улицах города, пешеходных зон, на которых запрещено движение автотранспорта, оборудование перехватывающих стоянок автотранспорта у конечных станций метрополитена и других способов регулирования транспортных потоков.

Не менее эффективны и мероприятия, направленные на контроль состояния ДВС: соблюдение установленных сроков и регламента технического обслуживания, сроков техосмотра транспортных средств органами ГАИ, введение штрафных санкций за нарушение указанных сроков.

Особо следует отметить административно вводимое временное ограничение мощности предприятий, имеющих выбросы в атмосферу, на период прогноза опасных погод (глубокие температурные инверсии, длительное безветрие и др.).

67. Мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения автотранспортом.

Административные мероприятия, направленные на охрану атмосферного воздуха поселений, заключаются в организации одностороннего движения на узких улицах города, пешеходных зон, на которых запрещено движение автотранспорта, оборудование перехватывающих стоянок автотранспорта у конечных станций метрополитена и других способов регулирования транспортных потоков.

Не менее эффективны и мероприятия, направленные на контроль состояния ДВС: соблюдение установленных сроков и регламента технического обслуживания, сроков техосмотра транспортных средств органами ГАИ, введение штрафных санкций за нарушение указанных сроков.

68. Организация лабораторного контроля за состоянием атмосферного воздуха. Виды постов наблюдения и программы наблюдения. Методы отбора проб воздуха.

Система контроля и наблюдения за атмосферным воздухом соответствует требованиям ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных мест», который устанавливают три категории постов наблюдений за загрязнением атмосферы: стационарный, маршрутный, передвижной (подфакельный).

Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных загрязняющих веществ.

Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижного оборудования.

Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием: асфальте, твердом грунте, газоне - таким образом, чтобы были исключены искажения результатов измерений наличием зеленых насаждений, зданий и т.д.

Стационарный и маршрутный посты размещаются в местах, выбранных на основе предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и условий рассеивания. Эти посты размещаются в центральной части населенного пункта, жилых районах с различным типом застройки (в первую очередь, наиболее загрязненных), зонах отдыха, на территориях, примыкающих к магистралям интенсивного движения транспорта.

Количество стационарных постов зависит от численности населения, площади города или поселка, рельефа местности, уровня развития промышленных предприятий, мест отдыха и курортных зон.

Устанавливают четыре программы наблюдений на стационарных постах: полную, неполную, сокращенную.

Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения по полной программе выполняют ежедневно путем непрерывной регистрации с помощью автоматических устройств или дискретно через равные промежутки времени не менее четырех раз с обязательным отбором в 1, 7, 13, 19 ч по местному декретному времени. Допускается проводить наблюдения по скользящему графику 7, 10, 13 ч во вторник, четверг, субботу и в 16, 19, 22 ч в понедельник, среду, пятницу.

Наблюдения по неполной программе разрешается проводить с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного декретного времени.

По сокращенной программе наблюдения проводят с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в сроки 7 и 13 ч местного декретного времени.

Наблюдения по сокращенной программе допускается проводить при температуре воздуха ниже минус 45°С и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 1/20 разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений примеси используемым методом.

Перечень веществ для контроля на каждом стационарном посту в городе устанавливается местными органами Госсаннадзора.

На маршрутных постах проводятся наблюдения за основными загрязняющими веществами и специфическими веществами, характерными для промышленных выбросов данного населенного пункта.

На передвижных (подфакельных) постах проводятся наблюдения за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия.

Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ при определении разовых концентраций составляет 20-30 мин.

Продолжительность отбора проб загрязняющих веществ для определения среднесуточных концентраций при дискретных наблюдениях по полной программе составляет 20 - 30 мин, при непрерывном отборе - 24 ч.

Отбор проб при определении приземной концентрации примеси в атмосфере проводят на высоте от 1,5 до 3,5 от поверхности земли.

Конкретные требования к способам и средствам отбора проб, необходимым реактивам, условиям хранения и транспортирования образцов, индивидуальным для каждого загрязняющего вещества, устанавливаются в нормативно-технических документах на методы определения загрязняющих веществ.

По данным о загрязнении атмосферы определяют величины концентраций примесей: разовые (20 - 30 мин), среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые.

Среднесуточные концентрации определяют как среднее арифметическое значение разовых концентраций, полученных по полной программе через равные промежутки времени, включая обязательные сроки 1, 7, 13, 19 ч, а также по данным непрерывной регистрации в течение суток.

Среднемесячные значения концентраций загрязняющих веществ определяют как среднее арифметическое значение всех разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение месяца.

Среднегодовую концентрацию загрязняющего вещества определяют как среднее арифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, полученных в течение года.

69. Государственный санитарный надзор за состоянием атмосферного воздуха.

Обеспечение санитарно-эпидемиологического надзора за охраной атмосферного воздуха поселений является одной из основных задач органа Госсанэпиднадзора. Целью надзора является предупреждение вредного воздействия загрязнения атмосферного воздуха поселений на здоровье и условия жизни населения. Большое значение для организации государственного санитарно-эпидемиологического надзора имеет СанПиН «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест». Этим документом установлены обязательные гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха поселений и соблюдению гигиенических нормативов при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции (техническом перевооружении) и эксплуатации объектов, а также на всех стадиях разработки градостроительной документации.

Индивидуальные предприниматели и юридические лица обязаны осуществлять меры по максимально возможному снижению выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух на базе проведения мало- и безотходных технологических процессов, комплексного использования природных ресурсов, а также путем улавливания, обезвреживания и утилизации вредных выбросов. В пределах территорий, на которых загрязнение атмосферного воздуха поселений превышает установленные нормативы, запрещаются размещение, проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию объектов, являющихся источниками загрязнения атмосферы. Что касается реконструкции и технического перевооружения подобных объектов, то они могут быть разрешены при условии сокращения выбросов в атмосферный воздух до ПДВ.

Важным является требование СанПиН о том, что при отсутствии утвержденных ПДК или ОБУВ для веществ, присутствующих в выбросах в атмосферу, размещение, проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию объектов запрещаются. Обеспечение разработки соответствующих нормативов возлагается на хозяйствующих субъектов.

В деле предупреждения неблагоприятного воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения одним из наиболее важных моментов является участие представителя государственного санитарно-эпидемиологического надзора в *выборе площадки для строительства.*

Выбор площадки осуществляется на предпроектной стадии. Подготовка необходимых материалов, связанных с выбором площадки (трассы) для строительства, возлагается на заказчика проекта. Площадка выбирается в соответствии с требованиями действующего законодательства (земельного, водного, лесного и др.) и утвержденной в установленном порядке градостроительной документацией, а именно генеральными планами городов и других поселений, схемами и проектами планировки и застройки территориальных образований. Площадка для строительства новых и расширения существующих объектов выбирается с учетом рельефа местности, характеристики геологической среды, аэроклиматической характеристики, закономерностей распространения промышленных выбросов в атмосфере.

По итогам рассмотрения материалов по выбору площадки под строительство орган государственного санитарно-эпидемиологического надзора выдает санитарно-эпидемиологическое заключение о соответствии принятых решений, в том числе и по охране атмосферного воздуха поселений, санитарным правилам и гигиеническим нормативам. При возникновении в процессе санитарной экспертизы материалов по выбору площадки под строительство объекта вопросов, требующих проведения научно-

исследовательских, экспериментальных или опытно- конструкторских работ, должно быть оформлено санитарное задание, которое включается в задание на проектирование объекта.

Земельные участки под строительство предоставляются только при наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения.

Следующими этапами санитарно-эпидемиологического надзора являются *участие в разработке проекта и экспертиза проекта*. Участие в разработке проекта выражается в составлении санитарного задания, которое должно найти отражение в задании на проектирование, утверждаемом заказчиком проекта, и в предоставлении по запросу проектной организации данных информационного фонда социально- гигиенического мониторинга по санитарной характеристике территории, на которой намечается строительство проектируемого объекта. Для санитарной экспертизы представляются одновременно проектно- сметная документация на строительство объекта и проект организации и благоустройства СЗЗ, который должен быть разработан в соответствии с гигиеническими требованиями к ним и санитарной классификацией предприятий, сооружений и иных объектов. В этих документах должны быть определены также первоочередные мероприятия по переселению жителей, если территория существующей жилой застройки попадает в границы СЗЗ.

В разделе проектно-сметной документации «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС) должно содержаться обоснование принятых проектных решений по уменьшению образования и выделения загрязняющих воздух веществ в сопоставлении их с лучшими отечественными и зарубежными аналогами. Также необходимо обоснование выбора оборудования для очистки выбросов с подтверждением принятой эффективности очистки данными о его эксплуатации на аналогичных предприятиях с передовыми технологическими решениями или материалами лабораторно- производственных испытаний при использовании новых приемов очистки.

Наряду с этим проектно-сметная документация должна включать предложения по предотвращению аварийных выбросов загрязняющих веществ, мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия залповых эпизодических выбросов, предусмотренных технологическими регламентами, а также обоснование мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в период неблагоприятных метеорологических условий.

Обязательно наличие в представляемой на заключение проектно- сметной документации количественных и качественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферный *воздух по отдельным* цехам, производствам, сооружениям, данных о существующих уровнях загрязнения атмосферного воздуха, результаты расчетов прогнозируемого загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения объекта и их анализ с учетом возможности образования продуктов трансформации компонентов выброса, предложения по ПДВ компонентов выброса.

В число текстовых материалов проектно-сметной документации входят также данные о сметных затратах на осуществление мероприятий по охране атмосферного воздуха, предложения по системе контроля за загрязнением атмосферного воздуха в зоне влияния выбросов проектируемого объекта.

Графические материалы должны быть представлены ситуационным планом района размещения объекта с нанесением на него границ СЗЗ действующих, строящихся и намеченных к строительству объектов, селитебных территорий и зон массового отдыха населения (рекреационных территорий), генпланом площадки намечаемого к строительству объекта с нанесением источников выбросов в атмосферный воздух.

В соответствии законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» строительство объектов по проектам, которые не имеют заключения органа, осуществляющего санитарно-эпидемиологический надзор, об их соответствии санитарным правилам, не допускается. Внесение изменений и дополнений в проектные материалы без санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии этих изменений и дополнений санитарным правилам также не допускается.

Наличие положительного санитарно-эпидемиологического заключения по проектно-сметной документации тех или иных объектов вместе с заключениями других надзорных органов дает возможность приступить к строительству. Надзор за соблюдением гигиенических требований к охране атмосферного воздуха *на стадии строительства объекта и ввода его в эксплуатацию* не менее важен, чем работа по выбору площадки для строительства и санитарно-гигиеническая оценка проектно-сметной документации.

О сроках окончания строительства и формировании приемочной комиссии заказчик строящегося объекта должен в установленном порядке уведомить орган, осуществляющий государственный санитарно-эпидемиологический надзор. В состав комиссии должны включаться представители санэпидслужбы.

Ввод в эксплуатацию объектов и пусковых комплексов с недоделками, которые могут препятствовать их нормальной эксплуатации и соблюдению гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, с отступлениями от утвержденного проекта или состава пускового комплекса, без опробования, испытания и проверки работы всего установленного оборудования и механизмов, а также готовности предприятия к проведению лабораторного контроля загрязнения атмосферного воздуха не допускается. Ввод в эксплуатацию объектов и пусковых комплексов при наличии замечаний о нарушении санитарных правил является грубым нарушением федерального законодательства.

Важным этапом в ходе приемки объекта в эксплуатацию является *опробование оборудования*. При этом заказчик обязан обеспечить проведение лабораторных исследований качества атмосферного воздуха в зоне влияния выбросов данного объекта. Результаты этих исследований, соотнесенные с объемом выпускаемой продукции в начальный период, подписанные заказчиком, представляют собой обязательную составную часть документов рассматриваемых приемочной комиссией. Результаты рассмотрения оформляются в виде акта приемочной комиссии и передаются в орган, осуществляющий государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

В случае нарушений санитарных правил заказчик проекта должен принять необходимые меры по их устранению до предъявления объекта приемочной комиссии.

Приемка объекта в эксплуатацию приемочной комиссией допускается при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии объекта санитарным правилам и подписи представителя органа, санитарно-эпидемиологического надзора.

Закон «Об охране атмосферного воздуха» определил также *требования к охране атмосферного воздуха при эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности*. В частности, речь идет о запрете эксплуатации указанных объектов, если они не имеют предусмотренных правилами охраны атмосферного воздуха установок очистки газов и средств контроля за выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

В соответствии с требованиями закона «Об охране атмосферного воздуха» юридические лица, эксплуатирующие объекты, которые имеют источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, обязаны разрабатывать и осуществлять планы организационно-технических мероприятий по обеспечению качества атмосферного воздуха в соответствии с гигиеническими нормативами, а также проведение в порядке производственного контроля лабораторных исследований атмосферного воздуха поселений, расположенных в зоне влияния объекта.

В СанПиН «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных пунктов и мест отдыха населения» уточнены некоторые вопросы, связанные с организацией производственного контроля загрязнения атмосферного воздуха. Результаты производственного контроля должны представляться в санитарно-эпидемиологическую службу в установленном порядке.

Юридические лица, эксплуатирующие объекты, которые имеют источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, должны также своевременно информировать орган государственного санитарно-эпидемиологического надзора обо всех случаях нерегламентированных и аварийных выбросов в атмосферный воздух, разрабатывать мероприятия по ликвидации последствий и предотвращению аналогичных ситуаций, выполнять в установленные сроки предписания органа государственного санитарно-эпидемиологического надзора по устранению нарушений санитарных правил.

Распределение задач надзора и контроля в области охраны атмосферного воздуха между несколькими органами исполнительной власти накладывает на органы, осуществляющие санитарно-эпидемиологический надзор в области охраны атмосферного воздуха поселений, обязанность четкого планирования и координации своей деятельности со смежными органами с целью повышения эффективности надзора и снижения риска негативного влияния загрязнения атмосферного воздуха поселений на здоровье и условия жизни населения.

Основными принципами охраны атмосферного воздуха являются:

- государственное регулирование и управление в области охраны атмосферного воздуха;
- обязательность оценки воздействия на атмосферный воздух хозяйственной и иной деятельности при принятии решений об ее осуществлении;
- допустимость воздействия хозяйственной и иной деятельности на атмосферный воздух с учетом требований в области охраны атмосферного воздуха;
- платность за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух при осуществлении хозяйственной и иной деятельности;
- нормирование в области охраны атмосферного воздуха;

- предотвращение загрязнения атмосферного воздуха и причинения вреда окружающей среде;
- возмещение вреда, причиненного окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух, жизни, здоровью и имуществу граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, имуществу юридических лиц и имуществу, находящемуся в собственности государства, посредством загрязнения атмосферного воздуха в результате хозяйственной и иной деятельности;
- доступность экологической информации о состоянии атмосферного воздуха, воздействиях на него и мерах по его охране.

70. Состав почвы. Почва как естественная среда обезвреживания отходов.

Почва - один из основных элементов природной среды, она играет большую и многогранную роль как элемент среды обитания человека.

Почва состоит из твердой, жидкой, газообразной и живой частей. Твердая часть - это минеральные и органические частицы. Они составляют от 80-98 % почвенной массы и состоят из песка, глины, илистых частиц, оставшихся от материнской породы в результате почвообразовательного процесса. Соотношение этих частиц характеризует механический состав почвы. Жидкая часть почвы, или почвенный раствор, - вода с растворенными в ней органическими и минеральными соединениями. Воды в почве содержится от долей процента до 40-60 %. Жидкая часть участвует в снабжении растений водой и растворенными элементами питания. Газообразная часть, почвенный воздух, заполняет поры, не занятые водой. Почвенный воздух содержит больше углекислого газа и меньше кислорода, чем атмосферный воздух, а также метан, летучие органические соединения. Живая часть почвы состоит из почвенных микроорганизмов (бактерии, грибы, водоросли, актиномицеты и др.), представителей беспозвоночных (простейших, червей, моллюсков, насекомых и их личинок), роющих позвоночных. Они обитают в основном в верхних слоях почвы, около корней растений, где добывают себе пищу. Некоторые почвенные организмы могут жить только на корнях. Почва содержит микроэлементы (азот, фосфор, калий, кальций, сера, железо и др.) и микроэлементами (бор, марганец, молибден, цинк и др.), которые растения потребляют в ограниченных количествах. Их соотношение определяет химический состав почвы. Из физических свойств почвы наибольшее значение имеет влагоемкость, водопроницаемость, скважность. Состав и свойства почвы постоянно меняются под влиянием жизнедеятельности, климата, деятельности человека. При внесении удобрений почва обогащается питательными для растений веществами, изменяет свои физические свойства. Неправильная эксплуатация может привести к нарушению почвенного покрова - к эрозии почвы, засолению, заболачиванию.

Основная функция почвы как элемента природной среды - это *плодородие, способность через растения кумулировать солнечную энергию, трансформировать ее в химическую, синтезировать органические вещества*. Почвоведы установили, что плодородие девственной почвы, естественных биоценозов постоянно повышается. Затраты энергии для поддержания плодородия агрокультурных биоценозов на порядок выше, чем на естественных территориях, даже при рациональном и научно обоснованном ведении хозяйства.

Вторая не менее важная экологическая функция - *захоронение и утилизация отходов жизнедеятельности человека и животных*, а также остатков погибших организмов — растений и животных. Эта функция, часто называемая «*процессом самоочищения*», осуществляется как многостадийный и саморегулирующийся процесс с участием всех представителей почвенного биоценоза при ведущей роли микрофлоры почвы. Процесс самоочищения протекает в двух направлениях: минерализации, т.е. разложения органического субстрата в аэробных условиях до углекислоты, воды, нитратов и фосфатов, и гумификации - сложного биохимического анаэробного процесса трансформации мертвого органического субстрата в сложный органический комплекс, имеющий большое агротехническое и гигиеническое значение. С агротехнической точки зрения гумус в основном определяет плодородие почвы. Гумус не загнивает, не выделяет зловонных газов, не привлекает мух; в

процессе гумификации погибают патогенные микроорганизмы, в этом гигиеническое значение гумификации.

В почвах естественных экосистем процессы минерализации и гумификации находятся в равновесии, а их продукты служат основой для воспроизводства растений. Вмешательство человека зачастую не только нарушает равновесие, но и приводит к замещению этих процессов гниением, что вызывает санитарное неблагополучие.

Третья экологическая функция почвы - участие в процессах *природного круговорота веществ*, во многом обеспечивающих существование жизни на планете. За 1 сут 1 га леса способен поглотить и связать 220-280 кг диоксида углерода и выделить 120-160 кг кислорода. Роль почвы в этом сложном многофакторном процессе является ведущей.

Нормальное осуществление всех экологических функций почвы способствует санитарно-эпидемиологическому благополучию, но осложняется концентрацией промышленного и сельскохозяйственного производства, концентрацией населения и процессами урбанизации. Немаловажную роль играет и субъективный момент - потребительский подход к природным ресурсам, присущий в настоящее время обществу с любым политическим строем и игнорирующий известные науке экологические законы. Оценка влияния этих процессов на состояние и плодородие почвы, а также установление нормативов безопасных для развития почвы уровней такого воздействия — задачи экологии, почвоведения и агрономической науки.

71. Гигиеническое и эпидемиологическое значение почвы. Показатели, характеризующие основы свойства почвы. Критерии оценки качества почвы.

Почва - один из основных элементов природной среды, она играет большую и многогранную роль как элемент среды обитания человека. В коммунальной гигиене рассматривается не почва вообще, а почва в населенных местах. Однако было бы неправильно сводить гигиену почвы к состоянию так называемого культурного слоя, т.е. почвы непосредственно на селитебной территории. Большое гигиеническое значение имеет почва сельскохозяйственных угодий, рекреационных территорий. Почва, занятая под отвалы пустых горных пород и таким образом исключенная из хозяйственного оборота, тем не менее может неблагоприятно влиять на здоровье и условия жизни человека в результате миграции из нее в воду или в атмосферный воздух каких-либо компонентов пустой породы.

Гигиена почвы как один из профилактических разделов медицинской науки изучает пути и проявления воздействия почвы, как природной, так и антропогенно измененной, на здоровье и бытовые условия жизни человека, устанавливает допустимые уровни воздействия и мероприятия, предупреждающие неблагоприятные для здоровья человека последствия такого воздействия.

Гигиеническое нормирование экзогенных химических веществ в почве — это многостадийное, разноплановое экспериментальное исследование с использованием широкого круга физических, физикохимических, химико-аналитических и агрономических методов. Эксперименты осуществляются на оригинальных лабораторных установках, позволяющих моделировать процессы межсредового перехода исследуемого вещества. Длительность исследования даже при его рациональной организации занимает 1-2 года.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) экзогенных химических веществ (ЭХВ) в почве - это максимальное количество вещества (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), которое при прямом контакте с человеком (загрязнение кожи, слизистой оболочки глаз, верхних дыхательных путей, глотки) или опосредованно по одному из путей миграции по биологическим цепочкам гарантирует отсутствие отрицательного действия на его здоровье или здоровье его потомства, санитарные условия жизни населения и самоочищающую способность почвы.

Предельно допустимый уровень внесения (ПДУВ) химических веществ в почву — это предельно допустимое безопасное для здоровья людей количество (кг/га) химического вещества, вносимое в почву в начале ее обработки.

Безопасное остаточное количество (БОК) химического вещества в почве — допустимое безопасное для здоровья людей количество (мг/кг) экзогенных химических веществ, содержащихся в почве перед обработкой полей, выхода сельскохозяйственных рабочих на поля после обработки почвы и в конце вегетационного периода у растений.

Норма расхода ЭХВ — это количество ЭХВ (кг/га), которое вносят в почву для достижения того экономического, агрохимического, почвоведческого и других эффектов, на которые рассчитан этот препарат.

Кларк химического вещества — это среднее мировое содержание химического вещества в естественной незагрязненной почве (литосфере). Например, один кларк свинца составляет $1,0 \cdot 10^{-3}$ % или 10 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы (это среднее мировое содержание свинца в девственных эталонных почвах).

Допустимое остаточное количество (ДОК) химического вещества — это установленное допустимое остаточное количество вещества в продуктах питания (мг/кг).

Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химического вещества – временный гигиенический норматив максимального допустимого содержания ЭХВ в почве (мг/кг), определяемый расчетным методом (устанавливаются для ЭХВ, допущенных к опытно-производственному применению, находящихся на стадии государственных производственных испытаний). ОДК пересматриваются через 3 года после их утверждения или заменяются ПДК, полученными на основе экспериментальных данных.

72. Загрязнение почвы твердыми бытовыми отходами. Гигиеническая характеристика источников загрязнения.

Твердые бытовые отходы — это остатки веществ и предметов, образующиеся в процессе хозяйственно-бытовой деятельности человека и не используемые на месте.

С давних времен твердые бытовые отходы закапывали в землю. К обезвреживанию, минерализации веществ, поступающих в почву из бытовых отходов, почва приспособилась за миллионы лет эволюции. Однако в современных условиях большую долю бытовых отходов составляют стекло и пластик, используемые в качестве тары. Эти материалы не подвергаются распаду в почве. Кроме того, из твердых бытовых отходов в почву поступают биологические загрязнения (патогенные и условно-патогенные бактерии, вирусы, простейшие, яйца геогельминтов). Накопление и хранение твердых бытовых отходов на территории поселений нарушают санитарное состояние среды. Организованное и санкционированное складирование на усовершенствованных свалках приводит к высокой концентрации загрязнений. Эти инженерные сооружения, предназначенные для обезвреживания отходов, сами могут стать источниками загрязнения атмосферного воздуха и почвы окружающей территории, а опосредованно и грунтовых вод и воды поверхностных водных объектов

Классификация ТБО по месту образования:

1. Бытовые отходы благоустроенных жилых зданий, гостиниц, общежитий – пищевые отходы, комнатный и дворовой смёт, стекло, кожа, резина, бумага, металл, ветошь, пластмасса, отходы текущего ремонта квартир;
2. Бытовые отходы неблагоустроенных жилых зданий – тоже, что и в благоустроенных зданиях. Кроме того, остатки топлива, зола, шлак в отопительный период.
3. Бытовые отходы учреждений административного и общественного назначения – преимущественно бумага, дерево, текстиль, стекло, пластмасса, комнатный и уличный смёт.
4. Отходы торговых предприятий и учреждений культурно-бытового назначения – бумага, тара, упаковочные материалы, пластмасса.
5. Отходы предприятий общественного питания – в основном пищевые отходы, кости, бумага, пластмасса, стекло, смёт.
6. Отходы лечебных учреждений – перевязочный материал, пищевые отходы, бумага, пластмасса, комнатный смёт.

Состав и объем бытовых отходов чрезвычайно разнообразны и зависят не только от страны и местности, но и от времени года и от многих других факторов.

Среди ТПО особо выделяются опасные отходы, под которыми понимают вещества или смеси веществ, обладающие опасными для человека или окружающей среды свойствами (токсичностью, взрыво- и пожароопасностью, высокой реакционной способностью) или содержащие возбудители инфекционных болезней. По степени опасности промышленные отходы делятся на **4 класса**: 1-й класс — чрезвычайно опасные, 2-й класс - высокоопасные, 3-й класс - умеренно опасные, 4-й класс - малоопасные. ТПО 1-3-го класса при невозможности повторной переработки или другого способа утилизации подлежат захоронению на полигонах ТПО с целью полной и долговременной изоляции от окружающей среды.

Отходы 4-го класса при наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения можно использовать в качестве изолирующего грунта на полигонах ТБО, в некоторых случаях в дорожном строительстве, при вертикальной планировке территории.

73. Особенности обезвреживания и гигиенические требования к захоронению промышленных отходов.

Твердые промышленные отходы — остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, которые образовались в процессе производства, а также товары, утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства.

Выбор места для полигона захоронения и обезвреживания опасных ТПО — очень трудная гигиеническая и инженерно-геологическая задача. Полигон должен располагаться на достаточном удалении от поселений,

рекреационных зон, поверхностных водных объектов, сельскохозяйственных угодий, на территории с мощным естественным противофильтрационным экраном, низким стоянием грунтовых вод и маломощными глубокими горизонтами подземных вод, не используемых для питьевого и хозяйственного водоснабжения. При оборудовании полигона принимают меры для предупреждения распространения ливневых и талых вод за границы полигона, для чего сооружают кольцевую канаву и глиняные валы достаточной высоты. Способ захоронения ТПО зависит от агрегатного состояния, водорастворимости и класса опасности отходов. В частности, захоронение водорастворимых **отходов 1-го класса** (чрезвычайно опасных) производится в котлованах в контейнерной упаковке в стальных баллонах со стенками толщиной 10 мм, помещаемых в бетонный короб. Заполненные отходами котлованы изолируют уплотненным слоем глины толщиной 2 м, после чего покрывают водонепроницаемым покрытием из гудрона, цементогудрона.

74. Методы обезвреживания твердых бытовых отходов. Основные требования к проведению обезвреживания. Механические методы обезвреживания ТБО.

А.П. Щербо предлагает делить на **ликвидационные** (призванные решать главным образом гигиенические задачи) и **утилизационные** (имеющие целью использование полезных составляющих наряду с обезвреживанием отходов).

Основными методами обезвреживания ТБО, способными обеспечить санитарную очистку населенных мест, являются депонирование на полигонах (ликвидационный механический), компостирование в полевых условиях с получением органического субстрата для удобрения полей, биотермическая переработка на промышленных предприятиях с получением компоста или биотоплива (утилизационный биологический), а также мусоросжигание (ликвидационный термический).

Удаление отходов - многофакторная задача, которая должна решаться в каждом случае с учетом санитарной, экологической обстановки, экономических и климатогеографических условий.

Наиболее распространенным методом обезвреживания бытовых отходов в настоящее время является захоронение на полигонах ТБО.

Полигоны ТБО — специальные инженерные сооружения природоохранного назначения, предназначенные для изоляции и обезвреживания ТБО. Обезвреживание отходов на полигонах ТБО происходит в результате биохимических процессов, в основном термофильной микрофлоры, развивающихся в теле полигона. В процессе обезвреживания участвуют и все остальные представители биоценоза полигона: грибы, водоросли, черви и пр. Выполняя при правильной организации и эксплуатации природоохранную функцию, полигон ТБО сам по себе представляет опасность для окружающей природной среды, а также для санитарно-эпидемиологического благополучия территории и здоровья населения. В атмосферном воздухе в расположении полигона обнаруживаются различные бактерии, грибы, актиномицеты в высоких концентрациях; в теле полигона постоянно образуются и выделяются в атмосферный воздух метан, оксид углерода, фенолы, аммиак, сероводород, толуол, ксилол и другие органические соединения, смесь которых получила название биогаза. Биогазу присущи все токсические, аллергические и неблагоприятные органолептические свойства его компонентов; кроме того, биогаз взрыво- и пожароопасен.

В процессе биохимического распада твердых отходов в теле полигона образуется фильтрат, в котором в высоких концентрациях присутствуют растворимые соединения всех химических элементов, в том числе токсичных металлов; органическая составляющая фильтрата представлена углеводородами, алифатическими и ароматическими карбоновыми кислотами, спиртами, кетонами в высоких концентрациях. БПК м фильтрата от 1500 до 40000 мг O₂/л, ХПК до 80000 мг O₂/л. Концентрации и соотношения компонентов фильтрата зависят от состава отходов и времени существования полигона. Фильтрат загрязняет почву в окрестностях полигона, а при неблагоприятных природных условиях может проникать в грунтовые воды и воды поверхностных водных объектов.

В теле полигона даже при надлежащей эксплуатации создаются новые биотопы для домашних и полевых грызунов, мух, комаров - переносчиков зоонозных и трансмиссивных болезней.

Для уменьшения этой опасности к организации, эксплуатации полигона, а также к консервации после окончания эксплуатации предъявляются определенные санитарные требования. Участок для полигона выбирают с учетом геологических, гидрогеологических, орографических условий, взаиморасположения с окружающими поселениями (расстояние и роза ветров); для размещения полигона можно использовать овраги, выработанные карьеры и другие неровности рельефа. Площадь участка, отводимого под полигон, выбирается, как правило, на срок эксплуатации (не менее 15 лет).

Геологическим основанием полигона должны быть глины или тяжелые суглинки; при отсутствии таких пород необходимо устройство водонепроницаемого экрана из глины или искусственных каландрированных геомембран. Высота стояния грунтовых вод на территории полигона должна быть не менее 2 м. По дну котлована полигона укладывается дренаж для сбора и последующего обезвреживания фильтрата. Материалом для изолирующих слоев могут служить ТПО 4-го класса опасности (малоопасные). На территории полигона,

кроме участков для складирования и захоронения, могут быть специальные инженерные сооружения для сортировки, переработки или уничтожения отходов. Обязательна организация мониторинга грунтовых вод (высота стояния, химический состав) и химического состава и санитарных показателей почвы в санитарно-защитной зоне полигона.

Закрытие полигона (вывод из эксплуатации) осуществляется после его отсыпки на проектную высоту. Последний слой отходов при выводе из эксплуатации окончательно перекрывается наружным изолирующим слоем грунта, мощность которого в зависимости от последующего использования территории полигона может колебаться от 0,6 до 1,5 м. Поверх изолирующего слоя укладывают слой плодородного грунта, поверхность бывшего полигона озеленяют для предотвращения выветривания и размывания атмосферными осадками. Территорию выведенного из эксплуатации полигона захоронения ТБО можно использовать для создания лесопарков, открытых складов товаров непищевого назначения. Капитальное строительство на территории полигона ТБО, выведенного из эксплуатации, не допускается в течение не менее 40 лет.

Существенным недостатком полигонов захоронения ТБО является большая площадь земли, на многие десятилетия выводимая из хозяйственного оборота. На урбанизированных территориях с высоким уровнем хозяйственного освоения выбрать участок для размещения полигона, который удовлетворял бы всем гигиеническим и экологическим требованиям, невозможно.

Эффективной альтернативой полигонам захоронения ТБО является индустриальный способ **биотермического обезвреживания ТБО на мусороперерабатывающих заводах (МПЗ)**. Индустриальный способ обеспечивает сбережение земельных ресурсов, использование ряда компонентов (прежде всего металлов) в качестве вторичного сырья, производство из отходов новых целевых продуктов (биотопливо, компост, инертный строительный материал), уменьшает загрязнение почвы и водных объектов.

Основным технологическим звеном завода являются горизонтальные вращающиеся барабаны-ферментаторы диаметром около 2 м и длиной 60 м, в которых происходит биотермическая переработка отходов. Внутри барабана установлено шнековое устройство (винтовой конвейер) для перемещения массы отходов по длине ферментатора. Отходы, загруженные с одного конца ферментатора, продвигаются с помощью шнека до противоположного конца за 2—3 сут. Преобразование ТБО в продукт, безвредный в санитарно-эпидемиологическом отношении, обеспечивает тепло, выделяемое аэробной термофильной микрофлорой ТБО. Температура обезвреживаемой при медленном вращении ферментатора массы без искусственного подогрева и бактериальных добавок достигает 60-65 °С, что создает условия для ускоренной трансформации органических веществ в более стабильные, годные для питания растений формы, для отмирания патогенной микрофлоры, яиц гельминтов и личинок мух. При 3-суточном цикле ферментации товарным продуктом является эпидемиологически безопасное органическое удобрение для открытого грунта, при 2-суточном цикле товарным продуктом является биотопливо для закрытого грунта (теплиц, парников), тоже обезвреженное в отношении яиц гельминтов и личинок мух, но с более низким колититром. Для нормальной работы ферментатора и получения высококачественного товарного продукта в технологический цикл включены дополнительные звенья, а именно электромагнитная сепарация черного металла, электроиндукционная сепарация цветного металла, гравитационная сепарация стекла, воздушная сепарация бумаги и пленок. Перед укладкой готового продукта в штабеля на грохоте отделяется неферментируемая фракция (камни, кожа, текстиль, пластмасса и пр.), которая составляет около 20% исходной массы отходов. Эта часть отходов направляется для захоронения на полигон ТБО.

Сжигание отходов производится на мусоросжигательных установках (МСУ). Мусоросжигание целесообразно при содержании в ТБО активного органического вещества менее 30%, а также при отсутствии гарантированных потребителей компоста и биотоплива в радиусе 15 км от возможного места расположения МПЗ. МСУ могут проектироваться с утилизацией тепла, образующегося при сжигании отходов, для производства электроэнергии.

Поскольку ТБО представляют собой разномерную и разнохарактерную по теплотворной способности массу, обеспечение полноты сгорания и эффективной очистки дымовых газов от вредных и опасных компонентов становится сложной технологической задачей. Температурные параметры топок МСУ ограничены 900-1000 °С. При более низких температурах не полностью разлагаются дурно пахнущие газообразные вещества, более высокие приводят к быстрому износу металлических элементов топки. МСУ должны быть оборудованы надежной системой очистки отходящих газов в виде комбинации циклонов, скрубберов и электрофильтров; стоимость системы газоочистки составляет не менее 20% стоимости строительства завода. Несмотря на высокую эффективность газоочистки МСУ в отношении взвешенных веществ и большей части отходящих газов (оксиды азота, серы, углерода), выбросы МСУ в атмосферу содержат поли-хлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), чрезвычайно опасные вещества, способные давать токсические и канцерогенные эффекты в дозах, составляющих сотые доли пикограмма на 1 кг массы.

Зола и шлак, образующиеся при сжигании ТБО, составляют от 275 до 430 кг на 1 т ТБО. Эти опасные промышленные отходы, содержат, кроме обычных минеральных веществ, тяжелые металлы в концентрациях порядка сотен миллиграммов на 1 кг, а также диоксины. Опасность представляют и сточные воды МСУ,

формирующиеся из промывных вод системы газоочистки и транспортной воды системы шлакозолоудаления; в них также содержатся тяжелые металлы и диоксины. Удельное количество сточных вод составляет 1 м³ на 1 т перерабатываемых отходов. Таким образом, сжигание ТБО в обычных установках влечет за собой образование большого количества других не менее опасных продуктов, приводящее к загрязнению почвы, воды и атмосферного воздуха, не избавляет от необходимости захоронения опасных отходов (золы и шлака), образующихся при сжигании ТБО. Попытки совершенствования технологии сжигания на МСУ (слоевое сжигание, низкотемпературная газификация, сжигание в кипящем слое и пр.) пока не привели к положительным результатам. При сжигании ТБО на каждый кубометр отходов расходуется около 150 м³ чистого атмосферного воздуха.

Перспективным методом термического обезвреживания ТБО считается **пиролиз** - высокотемпературный (от 400 до 1200 °С) способ разложения органического вещества без доступа кислорода и без добавления химических реагентов (многофазный процесс карбонизации органического вещества). Товарными продуктами пиролиза являются либо горючий газ, содержащий много метана (швель-газ), либо полимерные смолы сложного химического состава, используемые в химической промышленности. Шлаки, образующиеся в процессе пиролиза, инертны и могут быть утилизированы при строительстве дорог или в промышленности строительных материалов. Объем захораниваемых шлаков составляет около 20% массы, подвергнутой пиролизу. Основные технологические этапы пиролиза ТБО показаны на рис. 16.3. Пиролиз в противовес сжиганию трактуют как экологически чистый (протекающий в замкнутом аппарате) технологический процесс, характеризующийся простотой аппаратного оформления, минимальными выбросами в атмосферный воздух, большей способностью к переработке проблемных отходов (пластмассы, резины и пр.). В настоящее время пиролиз может быть компонентом более сложных систем обезвреживания ТБО, например обработки неферментируемой фракции ТБО, полученной при биотермическом обезвреживании ТБО на МПЗ заводе. Возможно использование пиролиза и при уничтожении в ограниченных масштабах некоторых видов опасных отходов.

В заключение следует отметить, что какого-либо одного универсального метода обезвреживания и переработки твердых бытовых отходов, удовлетворяющего современным экологическим, гигиеническим требованиям и рационального с экономических позиций, не существует. Тенденция мировой практики в этой области — комплексная переработка ТБО, основанная на промышленной технологии по принципу комбинации различных методов, объединяемых рациональной сортировкой отходов на всех этапах цикла обращения, начиная со сбора ТБО в домовладениях, и максимальное повторное использование фракций отходов или товарных продуктов их переработки в различных отраслях хозяйства.

К твердым промышленным отходам наряду с остатками сырья, полупродуктов, находящихся в твердом сухом состоянии, относят и вещества (смеси веществ) пастообразной консистенции (клеи, кубовые остатки и пр.), а также твердые отходы повышенной влажности (шламы гальванических и других производств, осадки очистных сооружений канализации и пр.).

ТПО образуются в больших количествах в результате физико-химической переработки сырья, добычи и обогащения полезных ископаемых; их образование не является целью данного производственного процесса, и для получения целевого товарного продукта ТПО должны быть выведены за пределы производства. Большинство ТПО можно использовать в качестве вторичного сырья для получения других целевых продуктов, для части ТПО возможны восстановление полезных свойств и повторное использование (рециклинг). Большие успехи в этом направлении достигнуты при производстве цветных металлов, широко внедрен рециклинг в производстве бумаги и картона, есть разработки в области повторного использования материала автомобильных покрышек в строительстве.

75. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации полигонов для захоронения ТБО

***Полигон должен располагаться на достаточном удалении от поселений, рекреационных зон, поверхностных водных объектов, сельскохозяйственных угодий, на территории с мощным естественным противодиффузионным экраном, низким стоянием грунтовых вод и маломощными глубокими горизонтами подземных вод, не используемых для питьевого и хозяйственного водоснабжения. Должны быть приняты меры для предупреждения распространения ливневых и талых вод за границы полигона, для чего сооружают кольцевую канаву и глиняные валы достаточной высоты. Создание полигонов ТБО требует соблюдения жестких условий: 1. Рациональный выбор площадки под строительство ТБО с возможно-стью выделения санитарно-защитной зоны. 2. Устройства гидрозащитных оснований с применением водоупорных материалов (специальных полиэтиленовых пленок — мембран, глин с низким коэффициентом фильтрации, кислых гудронов). 3. Механизированного послойного уплотнения ТБО с помощью специ-альных тракторов-трамбовщиков или катков-уплотнителей. 4. Промежуточной изоляции минеральным грунтом или инертными ма-териалами (шлак, строительный мусор). 5. Системы

постоянного мониторинга за эксплуатацией полигона. 6. Своевременный и безопасный вывод из эксплуатации.

Санитарные правила и нормы 2.1.7.12-9-2006 ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ И СОДЕРЖАНИЮ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Полигоны для твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) являются специальными сооружениями, предназначенными для изоляции и захоронения ТКО. Полигоны могут быть организованы для любых по величине населенных пунктов.

1. На полигоны для ТКО принимаются отходы из жилых домов, общественных зданий и учреждений, предприятий торговли, общественного питания, уличный, садово-парковый смет, строительный мусор и некоторые виды твердых отходов производства III-IV классов опасности, а также неопасные отходы, класс которых устанавливается экспериментальными методами. Перечень таких отходов согласовывается с территориальным учреждением госсаннадзора.

2. Захоронение твердых, пастообразных отходов производства (I-II класса опасности), в которых содержатся токсичные вещества, тяжелые металлы, а также горючие и взрывоопасные компоненты, должно производиться на специализированных полигонах.

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕЩЕНИЮ

3. **ТЕРРИТОРИЯ:** При выборе участка для устройства полигона для ТКО следует учитывать климатогеографические и почвенные особенности, геологические и гидрологические условия местности. Не допускается размещение полигонов для ТКО:

-на территории I и II поясов зон санитарной охраны водоисточников и минеральных источников; -во всех зонах охраны курортов; -в местах выхода на поверхность трещиноватых пород; -в местах выклинивания водоносных горизонтов; -в местах массового отдыха населения.

Полигон для ТКО следует размещать на ровной территории, исключающей возможность смыва атмосферными осадками части отходов и загрязнения ими прилегающих земельных площадей и открытых водоемов. Допускается отвод земельного участка под полигоны для ТКО в оврагах, начиная с верховьев, при условии устройства перехватывающих нагорных канав для отвода талых и ливневых вод в открытые водоемы.

Полигон, как правило, должен состоять из двух частей: -территория, занятая под складирование ТКО; -территория для размещения хозяйственно-бытовых объектов.

Для полигонов, принимающих менее 120 тыс.м³ ТКО в год, рекомендуется траншейная схема складирования ТКО. Траншеи устраиваются перпендикулярно направлению господствующих ветров, что препятствует разносу ТКО. Грунт, полученный от рытья траншей, используется для их засыпки после заполнения ТКО. Длина одной траншеи должна устраиваться с учетом времени заполнения траншей: в период температур выше 0 °С в течение 1-2 месяцев; в период температур ниже 0 °С - на весь период промерзания грунтов.

Захоронение ТКО в воду на болотистых и заливаемых паводковыми водами участках не допускается. Для использования таких участков под полигон для ТКО на них должна устраиваться подсыпка инертными материалами на высоту, превышающую на 1 м максимальный уровень поверхностных или паводковых вод. При подсыпке устраивается водоупорный экран.

При устройстве полигона для ТКО на территориях с высоким стоянием грунтовых вод (на глубине менее 1 м) на поверхность наносится изолирующий слой с предварительным осушением грунта.

4. **ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЗОНА:** Хозяйственная зона устраивается для размещения производственно-бытового здания для персонала, гаража или навеса для машин и механизмов.

Территория хозяйственной зоны должна быть ограждена, иметь твердое покрытие (асфальт, бетон), освещена в темное время суток. По периметру территории полигона для ТКО устраивается легкое ограждение. Ограждение могут заменять осушительная траншея глубиной более 2 м или вал высотой не более 2 м. В ограде полигона для ТКО устраивается шлагбаум у производственно-бытового здания.

В зеленой зоне полигона для ТКО устраиваются контрольные скважины. Одна контрольная скважина

закладывается выше полигона по потоку грунтовых вод (контроль), 1-2 скважины ниже полигона для учета влияния складирования ТКО на грунтовые воды. Выше полигона на поверхностных водоисточниках и ниже полигона на водоотводных каналах также проектируются места отбора проб поверхностных вод. К сооружениям по контролю качества грунтовых и поверхностных вод должны быть оборудованы подъезды для автотранспорта и емкости для водоотлива или откачки воды перед взятием проб.

ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Захоронение ТКО допускается только на рабочей карте. Уплотнение слоев ТКО (0,2,-0,5 м) осуществляется в соответствии с технологическими инструкциями бульдозером или катком. Промежуточная или окончательная изоляция уплотненного слоя ТКО осуществляется в летний период ежесуточно, при температуре ниже 5 °С – не позднее 3-х суток со времени складирования ТКО. В зимний период в связи со сложностью разработки грунта в качестве изолирующего материала могут использоваться шлаки, строительные отходы, битый кирпич, известь, мел, штукатурка, древесина, стеклобой, бетон, керамическая плитка, гипс, асфальтобетон и др. Указанные материалы могут использоваться также и в летний период.
2. При захоронении ТКО в траншеях допускается изоляция отходов (засыпка траншеи) один раз в 5 суток.
3. При разгрузке ТКО из мусоровозов для задержки легких фракций отходов на минимальном расстоянии от места разгрузки и складирования ТКО перпендикулярно направлению господствующих ветров должны устанавливаться переносные сетчатые ограждения. Отходы, задерживаемые переносными щитами, собираются и размещаются по поверхности рабочей карты, а также уплотняются изолирующим слоем грунта не реже одного раза в смену.
4. Один раз в десять дней проводится осмотр территории санитарно-защитной зоны и прилегающих к подъездной дороге земель. В случае их загрязнения обеспечивается тщательная уборка и доставка мусора на рабочие карты полигона для ТКО.
5. Сжигание ТКО на территории полигона запрещено. В процессе эксплуатации полигона должны приниматься меры по недопущению самовозгорания ТКО.
6. Для защиты от выветривания или смыва грунта откосы полигона должны быть озеленены.
7. Вывод из эксплуатации полигона для ТКО осуществляется после отсыпки его на предусмотренную высоту. На полигонах, срок эксплуатации которых менее пяти лет, допускается отсыпка на 10 % превышающая предусмотренную вертикальную отметку с учетом последующей усадки. Последний слой отходов перед выводом полигона для ТКО из эксплуатации окончательно перекрывается наружным изолирующим слоем грунта.
8. Территории полигона для ТКО, используемые в дальнейшем для создания лесопарковых комплексов, в качестве горок для лыжного спорта или смотровых площадок для обозрения местности, должны иметь толщину изолирующего слоя не менее 0,6 м. При использовании территории бывшего полигона для ТКО под открытые склады непищевого назначения толщина верхнего изолирующего слоя должна составлять не менее 1,5 м.
9. Использование территории рекультивируемого полигона под капитальное строительство и для выращивания сельскохозяйственных культур не допускается.

76. Биотермические методы обезвреживания твердых бытовых отходов, характеристика.

Эффективной альтернативой полигонам захоронения ТБО является индустриальный способ биотермического обезвреживания ТБО на мусороперерабатывающих заводах (МПЗ). Индустриальный способ обеспечивает сбережение земельных ресурсов, использование ряда

компонентов (прежде всего металлов) в качестве вторичного сырья, производство из отходов новых целевых продуктов (биотопливо, компост, инертный строительный материал), уменьшает загрязнение почвы и водных объектов.

Основным технологическим звеном завода являются горизонтальные вращающиеся барабаны-ферментаторы диаметром около 2 м и длиной 60 м, в которых происходит биотермическая переработка отходов. Внутри барабана установлено шнековое устройство (винтовой конвейер) для перемещения массы отходов по длине ферментатора. Отходы, загруженные с одного конца ферментатора, продвигаются с помощью шнека до противоположного конца за 2—3 сут. Преобразование ТБО в продукт, безвредный в санитарно-эпидемиологическом отношении, обеспечивает тепло, выделяемое аэробной термофильной микрофлорой ТБО. Температура обезвреживаемой при медленном вращении ферментатора массы без искусственного подогрева и бактериальных добавок достигает 60-65 °С, что создает условия для ускоренной трансформации органических веществ в более стабильные, годные для питания растений формы, для отмирания патогенной микрофлоры, яиц гельминтов и личинок мух. При 3-суточном цикле ферментации товарным продуктом является эпидемиологически безопасное органическое удобрение для открытого грунта, при 2-суточном цикле товарным продуктом является биотопливо для закрытого грунта (теплиц, парников), тоже обезвреженное в отношении яиц гельминтов и личинок мух, но с более низким колититром. Для нормальной работы ферментатора и получения высококачественного товарного продукта в технологический цикл включены дополнительные звенья, а именно электромагнитная сепарация черного металла, электроиндукционная сепарация цветного металла, гравитационная сепарация стекла, воздушная сепарация бумаги и пленок. Перед укладкой готового продукта в штабеля на грохоте отделяется неферментируемая фракция (камни, кожа, текстиль, пластмасса и пр.), которая составляет около 20% исходной массы отходов. Эта часть отходов направляется для захоронения на полигон ТБО.

77. Ликвидационные методы обезвреживания твердых бытовых отходов, характеристика.

Методы: депонирование на полигонах (ликвидационный механический), мусоросжигание (ликвидационный термический).

На сегодняшний день в мировой практике полигонное захоронение является основным методом депонирования ТБО.

Полигон по захоронению ТБО представляет собой сложнейшую систему, подробное исследование которой началось сравнительно недавно. Дело в том, что большинство материалов, которые захороняют на полигонах, появились, как и сами современные полигоны, не более 20–30 лет назад. При раскопке старых полигонов, было обнаружено, что за 15 лет 80 % органического материала, попавшего на полигон, не разложилось. Кроме того, в условиях недостатка кислорода органические отходы на полигонах подвергаются анаэробному брожению, что приводит к формированию смеси метана и угарного газа (свалочного газа). В недрах свалки также формируется фильтрат, попадание которого в поверхностные водоемы или в подземные водоносные горизонты крайне нежелательно.

Поэтому создание полигонов ТБО, прежде всего, требует соблюдения жестких условий:

1. Рациональный выбор площадки под строительство ТБО с возможностью выделения санитарно-защитной зоны.
2. Устройства гидрозакрывающих оснований с применением водоупорных материалов (специальных полиэтиленовых пленок — мембран, глин с низким коэффициентом фильтрации, кислых гудронов).
3. Механизированного послойного уплотнения ТБО с помощью специальных тракторов-трамбовщиков или катковуплотнителей.
4. Промежуточной изоляции минеральным грунтом или инертными материалами (шлам, строительный мусор).
5. Системы постоянного мониторинга за эксплуатацией полигона.
6. Своевременный и безопасный вывод из эксплуатации.

Безопасная эксплуатация полигона подразумевает следующие меры:

- процедуры исключения опасных отходов и ведение записи по всем принимаемым отходам и точным координатам их захоронения;
- обеспечение ежедневного перекрытия сваливаемых отходов грунтом или специальной пеной для предотвращения разноса отходов;
- борьбу с переносчиками болезней (крысами и т. д.) обычно обеспечивается использованием ядохимикатов;
- откачку взрывоопасных газов из недр свалки (затем метан может быть использован для производства электричества, для этого в нее должны быть встроены специальные вертикальные перфорированные трубы;
- на полигон должен осуществляться только контролируемый доступ людей и животных — периметр должен быть огорожен и охраняться;
- гидротехнические сооружения должны минимизировать попадание дождевых стоков и поверхностных вод на полигон, а все поверхностные стоки с полигона должны направляться на очистку; жидкость, которая выделяется из отходов не должна попадать в подземные воды — для этого создаются специальные системы гидроизоляции;
- фильтрующаяся жидкость должна собираться системой дренажных труб и очищаться перед попаданием в канализацию или природные водоемы;
- регулярный мониторинг воздуха, грунтовых и поверхностных вод в окрестностях полигонов.

Особое внимание уделяется выводу полигона из эксплуатации и последующей рекультивации.

Сжигание отходов производится на мусоросжигательных установках (МСУ). МСУ могут проектироваться с утилизацией тепла, образующегося при сжигании отходов, для производства электроэнергии.

Температурные параметры топок МСУ ограничены 900-1000 °С. При более низких температурах не полностью разлагаются дурно пахнущие газообразные вещества, более высокие приводят к быстрому износу металлических элементов топки. МСУ должны быть оборудованы надежной системой очистки отходящих газов в виде комбинации циклонов, скрубберов и электрофильтров; стоимость системы газоочистки составляет не менее 20% стоимости строительства завода. Несмотря на высокую эффективность газоочистки МСУ в отношении взвешенных веществ и большей части отходящих газов (оксиды азота, серы, углерода), выбросы МСУ в атмосферу содержат полихлорированные дибензопдиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), чрезвычайно опасные вещества, способные давать токсические и канцерогенные эффекты в дозах, составляющих сотые доли пикограмма на 1 кг массы.

Зола и шлак, образующиеся при сжигании ТБО, составляют от 275 до 430 кг на 1 т ТБО. Эти опасные промышленные отходы, содержат, кроме обычных минеральных веществ, тяжелые металлы в концентрациях порядка сотен миллиграммов на 1 кг, а также диоксины. Опасность представляют и сточные воды МСУ, формирующиеся из промывных вод системы газоочистки и транспортной воды системы шлакозолоудаления; в них также содержатся тяжелые металлы и диоксины. Удельное количество сточных вод составляет 1 м³ на 1 т перерабатываемых отходов. Таким образом, сжигание ТБО в обычных установках влечет за собой образование большого количества других не менее опасных продуктов, приводящее к загрязнению почвы, воды и атмосферного воздуха, не избавляет от необходимости захоронения опасных отходов (золы и шлака), образующихся при сжигании ТБО.

Перспективным методом термического обезвреживания ТБО считается **пиролиз** - высокотемпературный (от 400 до 1200 °С) способ разложения органического вещества без доступа кислорода и без добавления химических реагентов (многофазный процесс карбонизации органического вещества). Товарными продуктами пиролиза являются либо горючий газ, содержащий много метана (швель-газ), либо полимерные смолы сложного химического состава, используемые в химической промышленности. Шлаки, образующиеся в процессе пиролиза, инертны и могут быть утилизированы при строительстве дорог или в промышленности строительных материалов. Объем захораниваемых шлаков составляет около 20% массы, подвергнутой пиролизу. Пиролиз в противовес сжиганию трактуют как экологически чистый (протекающий в замкнутом аппарате) технологический процесс, характеризующийся простотой аппаратного оформления, минимальными выбросами в атмосферный воздух, большей способностью к переработке проблемных отходов (пластмассы, резины и пр.). В настоящее время пиролиз может быть компонентом более сложных систем обезвреживания ТБО, например обработки неферментируемой фракции ТБО, полученной при биотермическом обезвреживании ТБО на МПЗ заводе. Возможно использование пиролиза и при уничтожении в ограниченных масштабах некоторых видов опасных отходов.

78. Утилизационные методы обезвреживания бытовых отходов, характеристика.

Методы: компостирование в полевых условиях с получением органического субстрата для удобрения полей, биотермическая переработка на промышленных предприятиях с получением компоста или биотоплива (утилизационный биологический)

Эффективной альтернативой полигонам захоронения ТБО является промышленный способ **биотермического обезвреживания ТБО** на мусороперерабатывающих заводах (МПЗ). Промышленный способ обеспечивает экономию земельных ресурсов, использование ряда компонентов (прежде всего металлов) в качестве вторичного сырья, производство из отходов новых целевых продуктов (биотопливо, компост, инертный строительный материал), уменьшает загрязнение почвы и водных объектов.

Основным технологическим звеном завода являются горизонтальные вращающиеся барабаны-ферментаторы диаметром около 2 м и длиной 60 м, в которых происходит биотермическая переработка отходов. Внутри барабана установлено шнековое устройство (винтовой конвейер) для перемещения массы отходов по длине ферментатора. Отходы, загруженные с одного конца ферментатора, продвигаются с помощью шнека до противоположного конца за 2—3 сут. Преобразование ТБО в продукт, безвредный в санитарно-эпидемиологическом отношении, обеспечивает тепло, выделяемое аэробной термофильной микрофлорой ТБО. Температура обезвреживаемой при медленном вращении ферментатора массы без искусственного подогрева и бактериальных добавок достигает 60–65 °С, что создает условия для ускоренной трансформации органических веществ в более стабильные, годные для питания растений формы, для отмирания патогенной микрофлоры, яиц гельминтов и личинок мух. При 3-суточном цикле ферментации товарным продуктом является эпидемиологически безопасное органическое удобрение для открытого грунта, при 2-суточном цикле товарным продуктом является биотопливо для закрытого грунта (теплиц, парников), тоже обезвреженное в отношении яиц гельминтов и личинок мух, но с более низким колититром. Для нормальной работы ферментатора и получения высококачественного товарного продукта в технологический цикл включены дополнительные звенья, а именно электромагнитная сепарация черного металла, электроиндукционная сепарация цветного металла, гравитационная сепарация стекла, воздушная сепарация бумаги и пленок. Перед укладкой готового продукта в штабеля на грохоте отделяется неферментируемая фракция (камни, кожа, текстиль, пластмасса и пр.), которая составляет около 20% исходной массы отходов. Эта часть отходов направляется для захоронения на полигон ТБО.

Компостирование— это технология переработки отходов, основанная на их естественном биоразложении. Наиболее широко компостирование применяется для переработки отходов органического — прежде всего растительного — происхождения, таких как листья, ветки и скошенная трава. Существуют технологии компостирования пищевых отходов, а так же неразделенного потока ТБО. Предварительное извлечение из ТБО основных источников тяжелых металлов (аккумуляторы, батарейки, цветные металлы, лакокрасочные и некоторые упаковочные материалы) позволяет получить компост, представляющий собой ценное органическое удобрение, которое может найти различные применения в городском и сельском хозяйстве. Компостирование представляет собой процесс сбраживания в биореакторах всего объема ТБО, а не только его органической составляющей. Хотя характеристики конечного продукта могут быть значительно улучшены путем извлечения из отходов металла, пластика и т. д., все же такой компост — достаточно опасный продукт и находит очень ограниченное применение (на Западе такой «компост» применяют только для покрытия свалок). В нашей стране компостирование с помощью компостных ям часто применяется населением в индивидуальных домах или на садовых участках. В то же время процесс компостирования может быть централизован и должен проводиться на специальных площадках (полях компостирования). Существует несколько технологий компостирования, различающихся по стоимости и сложности. Более простые и дешевые технологии требуют больших площадей, и процесс компостирования занимает больше времени, что видно из приводимой ниже классификации технологий компостирования.

Технологии компостирования:

Минимальная. Компостные кучи размером 4 м в высоту и 6 м в ширину. Переворачиваются раз в год. Процесс компостирования занимает от 1 до 3 лет в зависимости от климата. Необходима относительно большая санитарно-защитная зона.

Низкого уровня. Компостные кучи — 2 м в высоту и 3–4 м в ширину. В первый раз кучи переворачиваются через месяц. Следующее переворачивание и формирование новой кучи — через 10–11 месяцев. Компостирование занимает 16–18 месяцев.

Среднего уровня. Кучи переворачиваются ежедневно. Компост готов через 4–6 месяцев. Капитальные и текущие затраты выше. Высокого уровня. Требуется специальная аэрация компостных куч. Компост готов уже через 2–10 недель.

Социально-экономические аспекты вторичной переработки. Основной проблемой в переработке вторсырья является не отсутствие технологий переработки — современные технологии позволяют переработать до 90 % от общего количества отходов, а отделение вторсырья от остального мусора (и разделение различных компонент вторсырья). Существует множество технологий, утилизации вторичного сырья из ТБО и наиболее дорогая и сложная из них — извлечение вторсырья из уже сформировавшегося общего потока отходов на специальных предприятиях. Из этого вытекает актуальность системы раздельного сбора ТБО. Вторсырье в ТБО: 1. Бумага — газеты, картон, высококачественная бумага (для ксероксов и т. п.), смешанная бумага. 2. Алюминий. 3. Стекло —

прозрачное, зеленое, коричневое. 4. Ферромагнитные металлы. 5. Пластик (PET, HDPE). 6. Аккумуляторы. 7. Свинцовые аккумуляторы. 8. Бытовые батарейки.

79. Системы сбора и удаления отходов в населенных пунктах.

Санитарная очистка – это система сбора, удаления, обезвреживания и утилизации ТБО, в целях сохранения здоровья населения и общего благоустройства.

Системы сбора и промежуточного хранения отходов

Организация сбора ТБО из домовладений включает в себя следующие операции: ТБО из квартир малоэтажных зданий (до 5 этажей) собираются в квартирные мусоросборники, которые затем вручную выносятся жителями в дворовые мусоросборники (переносные мусоросборники либо контейнеры емкостью 500-750 л). В зданиях 6 этажей и выше удаление ТБО производится по мусоропроводам.

К мусоросборникам предъявляются следующие гигиенические требования:

-Простота и надёжность конструкции.-Защищённость от грызунов и др. животных.- Возможность их санитарной обработки.

Существует 2 технологические схемы сбора ТБО:

1. Унитарная – сбор всех видов отходов происходит в одну тару (контейнер).

2. Раздельная – предусматривает отдельный сбор отдельных компонентов ТБО (бумага, стекло, пластик, текстиль, пищевые отходы).

Особенности фракционного состава ТБО приводят к тому, что слежавшиеся, собранные в одну тару отходы с трудом подлежат сортировке, а в результате этого возможна утилизация лишь 5-10% вторичных ресурсов, в то время как селективный сбор ТБО позволяет:

-максимально утилизировать ценное вторичное сырьё (более 50% вторичных ресурсов).

-исключить уже на стадии домашней селекции отходов накопления в них тяжёлых металлов.

Для более широкого внедрения системы раздельного сбора ТБО необходимо обеспечить:

1. Достаточное количество специализированных контейнеров для раздельного сбора ТБО, причём, установка их должна быть максимально приближена к жилым домам.

2. Систему материального стимулирования участников по сбору вторичных ресурсов, путём оборудования в населённых пунктах центров по его сбору (**drop-offcenter**). Такой центр представляет собой киоск, несколько контейнеров (или просто огороженных участков), куда гражданам предлагается сдавать или выбрасывать определенные материалы (например, контейнер для зеленого стекла, контейнер для газетной бумаги и т.п.).

Для того, чтобы такой центр работал, потребуется неоднократно оповестить население о его наличии и очень четко объяснить «правила пользования»: что в какой контейнер выбрасывать, в каком виде (например - вымытые бутылки) и что выбрасывать нельзя. Последний момент очень важен: например, ни в коем случае нельзя смешивать бутылочное стекло с лампочками или оконным стеклом. Все эти вещи нужно обозначать или рисовать очень крупно, заметно и ярко в местах сбора отходов.

3. Собранные вторичные ресурсы необходимо доставить в места их переработки в максимально короткие сроки.
4. Опережающее развитие мощностей по переработке вторичных ресурсов. В противном случае, вторичные отходы снова окажутся на полигоне по их захоронению.

Системы удаления отходов Наиболее распространенной является **вывозная система**, которая, однако, обладает рядом гигиенических недостатков:

1. Использование дворовых мусоросборников часто приводит к загрязнению территории.
2. Несовершенство конструкции специального автотранспорта (мусоровозов) приводит к загрязнению территории населённых мест как во время перегрузки ТБО, так и во время транспортировки отходов к местам обезвреживания или утилизации.
3. Необходимость организации подъездных путей для спецавтотранспорта при наличии мусоропроводов к каждой секции дома, а при дворовых сборниках – к местам их установки.

Устранению этих недостатков способствует применение более прогрессивных методов удаления ТБО:

1. Механические методы (подъём ТБО из шахты мусоросборника в контейнерах, подача ТБО в мусоровоз шнеками и транспортёрами).

2. Пневмотранспортировка. Система пневмотранспортировки состоит из вентиляционных камер, расположенных в зданиях под мусоропроводами, всасывающих труб для присоединения вентиляционных камер с периодически открывающимися шиберами, магистральных транспортных труб, бункера для сбора отбросов, машинного отделения с вакуум-турбинами, обеспыливающего фильтра.

Система состоит из нескольких вертикальных мусоропроводов, соединенных в единую сеть трубопроводом для пневматической транспортировки отходов в центральную станцию сбора. Отходы через загрузочный лючок падают в отсек временного хранения над разгрузочным клапаном внизу каждого мусоропровода. По мере заполнения система управления открывает поочередно все разгрузочные клапаны в автоматическом режиме и включает воздушные насосы. Отходы доставляются в центральную станцию сбора потоком воздуха, где отходы сепарируются от воздуха и попадают в контейнер емкостью 15-25 м³ и по необходимости уплотняются. Очищенный через специальные фильтры воздух выбрасывается наружу здания. Контейнер по мере заполнения вывозится стандартным грузовым транспортом.

3. Гидротранспортировка.

4. Мусоросжигательные установки в подвале здания. Сжигание производится по определённому графику. Для очистки газов применяется скрубберы. При сжигании объём отходов уменьшается до 7% от первоначального объёма. После сжигания отходы попадают в зольник, который опорожняется один раз в несколько дней.

МЕТОДЫ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТБО

В настоящее время существует более 20 методов обезвреживания и утилизации ТБО. По каждому методу имеется 5-10 (а по отдельным до 50) разновидностей технологий, технологических схем. Методы обезвреживания ТБО по конечной цели делятся на **ликвидационные** (решают в основном санитарно-гигиенические задачи)

и **утилизационные** (дополнительно решают задачи вторичных ресурсов). По технологическому принципу методы обезвреживания ТБО делятся на **биотермические, термические, химические, механические и смешанные**.

Наибольшее распространение в развитых зарубежных странах получили следующие методы обезвреживания и утилизации отходов:

- складирование на полигонах;
- мусоросжигание;
- компостирование.

80. Санитарно-эпидемическое нормирование вредных веществ в почве. Показатели вредности химических веществ. ??

Гигиеническое нормирование экзогенных химических веществ в почве — это многостадийное, разноплановое экспериментальное исследование с использованием широкого круга физических, физикохимических, химико-аналитических и агрономических методов.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) экзогенных химических веществ (ЭХВ) в почве - это максимальное количество вещества (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), которое при прямом контакте с человеком (загрязнение кожи, слизистой оболочки глаз, верхних дыхательных путей, глотки) или опосредованно по одному из путей миграции по биологическим цепочкам гарантирует отсутствие отрицательного действия на его здоровье или здоровье его потомства, санитарные условия жизни населения и самоочищающую способность почвы.

Предельно допустимый уровень внесения (ПДУВ) химических веществ в почву – это предельно допустимое безопасное для здоровья людей количество (кг/га) химического вещества, вносимое в почву в начале ее обработки.

Безопасное остаточное количество (БОК) химического вещества в почве – допустимое безопасное для здоровья людей количество (мг/кг) экзогенных химических веществ, содержащихся в почве перед обработкой полей, выхода сельскохозяйственных рабочих на поля после обработки почвы и в конце вегетационного периода у растений.

Норма расхода ЭХВ – это количество ЭХВ (кг/га), которое вносят в почву для достижения того экономического, агрохимического, почвоведческого и других эффектов, на которые рассчитан этот препарат.

Кларк химического вещества – это среднее мировое содержание химического вещества в естественной незагрязненной почве (литосфере). Например, один кларк свинца составляет $1,0 \cdot 10^{-3} \%$ или 10 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы (это среднее мировое содержание свинца в девственных эталонных почвах).

Допустимое остаточное количество (ДОК) химического вещества – это установленное допустимое остаточное количество вещества в продуктах питания (мг/кг).

Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химического вещества – временный гигиенический норматив максимального допустимого содержания ЭХВ в почве (мг/кг), определяемый расчетным методом (устанавливаются для ЭХВ, допущенных к опытно-производственному применению, находящихся на стадии государственных производственных испытаний). ОДК пересматриваются через 3 года после их утверждения или заменяются ПДК, полученными на основе экспериментальных данных.

Разработка и соблюдение гигиенических нормативов химических веществ гарантирует отсутствие отрицательного влияния факторов среды (в том числе и почвы) на показатели здоровья населения.

Гигиеническая регламентация содержания ЭХВ в почве имеет ряд методических особенностей. Экспериментальное установление величин гигиенических регламентов в почве (ПДК, ПДУВ, БОК) является основополагающим и проводится в несколько этапов.

1 этап: получают данные о физико-химических свойствах вещества и изучают его стабильность в почве. Это необходимо для обоснования приоритетности проведения изучения вещества и выбора рабочих (исходных для исследования) концентраций.

При оценке результатов стабильности ЭХВ в почве необходимо учитывать следующее: вещества с периодом полного распада 5-7 дней, если они нелетучи и продукты их деструкции нетоксичны, неперспективны для нормирования.

В первую очередь в почве должны нормироваться стойкие химические вещества (пестициды и их метаболиты, соли тяжелых металлов, микроэлементы, нефтепродукты, сернистые соединения, минеральные удобрения), а также вещества, систематически поступающие в почву.

Для обоснования рабочих концентраций необходимо установить: в каких количествах изучаемое вещество встречается в природе, в каких производственных процессах и в каких количествах оно используется в сельском хозяйстве, каковы уровни загрязнения почвы, известные параметры токсичности вещества и механизмы токсического действия, данные о нормативах содержания в смежных средах, количественные и качественные методы обнаружения вещества и его метаболитов в почве, воде, воздухе и растениях, биологическом материале.

Так за исходную концентрацию пестицидов, минеральных удобрений, микроудобрений, стимуляторов роста растений и др. принимают концентрации, которые создаются в почве при рекомендуемых нормах расхода препарата. За исходную концентрацию для химических веществ, поступающих в почву со сточными водами, промышленными выбросами, выхлопными газами автомобилей, принимают уровень естественного содержания вещества в кларках.

2 этап: Математическое моделирование поведения химического вещества в почве проводится с целью обоснования объема экспериментальных исследований и ориентировочных пороговых концентраций по каждому показателю вредности.

Для этого используют разработанные математические модели, имитирующие и описывающие процессы миграции, транслокации и детоксикации химических веществ в почве.

Позволяет определить необходимость тех или иных экспериментальных исследований на основании расчета возможного уровня миграции в контактирующие среды по физико-химическим константам химического вещества (растворимость, давление насыщающих паров, летучесть и т. д.) и спланировать необходимые исследования.

3 этап: исследований с целью **установления лимитирующего показателя и величины ПДК** химического вещества в почве проводят *лабораторный эксперимент на модельном почвенном эталоне (МПЭ)* с соблюдением принципа экстремальности по обоснованию пороговых концентраций показателям вредности.

Экспериментальное обоснование ПДК ЭХВ следует проводить на модели почвы, имитирующей экстремальные почвенные условия, предполагающие максимальное поступление химического вещества из почвы в атмосферный воздух, воду и растения.

Для создания экстремальных почвенных условий применяется метод песчаных культур, основанный на применении для выращивания растений смеси средне- и мелкозернистого карьерного песка. Это смесь пригодна в качестве МПЭ для определения миграции ЭХВ из почвы в растения, атмосферный воздух, грунтовые и поверхностные воды, а также для изучения степени воздействия ЭХВ на почвенный микробиоценоз. Возможно проведение лабораторного эксперимента на нескольких типах МПЭ.

Использование МПЭ позволяет обеспечить: 1. проведение исследований по миграции химических веществ в контактирующие среды в единых сопоставимых условиях эксперимента, 2. максимальную миграцию изучаемого вещества из почвы в атмосферный воздух, воду и высшие растения, 3. при необходимости проведение специальных исследований при различных почвенных условиях (влажность, pH, содержание гумуса и др.), что очень важно для определения коэффициентов пересчета для других видов почвы, при экспериментальном обосновании величины ПДУВ.

Проведение лабораторных исследований по обоснованию пороговых концентрации проводят по **шести показателям вредности**:

- органолептическому, - общесанитарному, - фитоаккумуляционному (транслокационному), - миграционно-водному, - миграционно-воздушному, - токсикологическому (санитарно-токсикологическому).

Тот из шести показателей вредности, который по результатам лабораторно эксперимента имеет **наименьшую пороговую величину**, избирают как **лимитирующий показатель вредности** (при нормировании по токсикологическому показателю за ПДК принимают подпороговые величины). Таким образом, ПДК устанавливают по тому признаку вредности, который характеризуется наименьшей пороговой или подпороговой (для токсикологического признака) величиной.

ПДК ЭХВ – это научно обоснованная единица масштаба измерения загрязнения окружающей среды и его опасности для здоровья населения, но ПДК не свидетельствует о степени опасности загрязнения почвы в конкретных почвенно-климатических условиях для здоровья населения. Для этого рассчитываются показатели ПДУВ и БОК, которые учитывают эти особенности и выполняют функции «региональных» ПДК.

4 этап: проводят лабораторные и натурные исследования почвы и на основании их результатов определяют расчетными методами величины ПДУВ и БОК ЭХВ для конкретных почвенно-климатических условий.

Существует несколько методик расчета ПДУВ и БОК для конкретных климатоландшафтных условий местности.

Величину БОК также рассчитывают на основе экспериментально установленной величины ПДК для конкретных почвенно-климатических условий и контрольный момент времени.

Контроль за БОК пестицидов в почве должен проводиться в три срока. Наиболее важными с гигиенической точки зрения являются следующие сроки:

1. время перед началом полевых работ (365 суток от начала полевых работ прошлого года),
2. время выхода рабочих на поля (7-14 сутки от момента внесения в почву ЭХВ),
3. время перед повторным внесением ЭХВ в почву (30-45 сутки от момента первоначального внесения).

Поэтому следует различать и определять фоновые безопасные количества (БОК_ф - фоновое), безопасные количества перед выходом рабочих на поля после применения средств защиты растений (БОК_в - выхода) и безопасные количества ЭХВ в почве перед повторным внесением (БОК_п - повторное).

Гигиеническое значение рассматриваемых гигиенических нормативов заключается в том, что если для предупредительного санитарного надзора ведущей величиной является ПДУВ, то для текущего – БОК.

Значение ПДУВ заключается в том, что его величина гарантирует накопление изучаемого вещества в товарных частях растений к моменту сбора урожая в количествах, не превышающих допустимых остаточных количеств; содержание в атмосферном воздухе к моменту выхода рабочих на поля и в воде водоисточников к моменту поступления фильтрата в подземные или поверхностного стока в водоемы в концентрациях, не

превышающих соответствующие ПДК. Практическое значение ПДУВ заключается в возможности санитарно-эпидемиологической службы проведения государственного предупредительного санитарного надзора за службами сельского хозяйства (служба защиты растений и др.) по соблюдению норм расхода пестицидов, стимуляторов роста растений, а также определении величины опасности загрязнения ЭХВ, поступающих со сточными водами, промышленными выбросами и др. ПДУВ позволяет органам санитарно-эпидемиологической службы контролировать применяемые нормы расхода и начальное загрязнение почвы.

5 этап: изучают влияние загрязненной химическими веществами почвы в природных условиях на состояние здоровья населения с целью корректировки гигиенических регламентов содержания химических загрязнителей в почве (ПДК, ПДУВ, БОК).

Интегральным показателем загрязнения почвы химическими веществами является здоровье населения. Программа изучения влияния ЭХВ на здоровье населения включает в себя:

1. Проведение выбора зон наблюдения (опытной и контрольной) на основании санитарного обследования и анализа данных об уровнях внесения и фактического содержания ЭХВ в почве.
2. Изучение состояния здоровья населения.
3. Установление наличия причинно-следственной связи между показателями состояния здоровья населения и фактическим содержанием ЭХВ в почве и контактирующих с ней средами.

Изучение влияния почвы, загрязненной ЭХВ, на состояние здоровья населения имеет ряд особенностей, основными из которых являются:

1. Обязательное проведение исследований не только почвы, но и всех экологических цепей, по которым возможно поступление загрязнений из почвы в организм человека.
2. Выбор в качестве объекта наблюдения сельского населения, что позволяет при анализе состояния здоровья исключить многочисленные и постоянно действующие неблагоприятные факторы городской среды (шум, вибрация, электромагнитные поля, атмосферные выбросы промышленных предприятий и др.).
3. Выбор наиболее чувствительной и «чистой» в методическом плане модели (группы) наблюдения.
4. Выбор в качестве района наблюдения, в котором будут проводиться исследования влияния ЭХВ на здоровье населения, региона, где данное химическое вещество применяется впервые.
5. Выбор однотипных по условиям районов наблюдения и контрольного.

К группе факторов, которые должны быть однотипными, относятся:

1. природно-климатические (географическое расположение, высота над уровнем моря, климат, интенсивность солнечной и ультрафиолетовой радиации, температура, влажность и скорость движения воздуха, атмосферное давление, количество осадков),
2. социально-гигиенические и экономические (административно-территориальное расположение, уровень и характер экономического развития, качество и доступность медицинского обслуживания, численность и плотность населения, обеспеченность автодорогами, материально-бытовые условия жизни).

Изучение влияние почвы, загрязненной ЭХВ, на здоровье населения позволяет:

1. определять зоны с повышенным содержанием ЭХВ в почве.
2. проводить длительные наблюдения за здоровьем отдельных групп сельского населения в зависимости от уровней загрязнения почвы и контактирующих с ней сред.

3. разрабатывать профилактические и оздоровительные мероприятия, направленные на своевременное предупреждение неблагоприятного влияния ЭХВ на здоровье сельского населения.

Таким образом, в почве допускается такое содержание ЭХВ, которое:

1. гарантирует отсутствие отрицательного воздействия на здоровье населения:

-при прямом контакте человека с почвой

-опосредованного при миграции токсичного вещества по одной или нескольким экологическим цепями суммарно по всем цепям,

2. не нарушает процессов самоочищения почвы,

3. не влияет на санитарные условия жизни.

При гигиеническом нормировании химического фактора в почве, опосредованно влияющей на человека, в эксперименте моделируются условия межсредовой миграции исследуемого вещества в культурные растения, в воду или в атмосферный воздух, а суждение о величине норматива (ПДК_{поч.}) основывается на непревышении нормативов этого вещества в воде, воздухе или в продуктах растениеводства.

81. Понятие о микроклимате, его гигиеническое значение. Терморегуляция организма, основные пути теплопередачи.

Микроклимат – тепловое состояние окружающей среды, определяемое комплексом физических факторов (температура, влажность, скорость движения воздуха, лучистое тепло) в ограниченном пространстве и оказывающее влияние на тепловой обмен организма.

Виды микроклимата:

1. комфортный;
2. дискомфортный, который в свою очередь бывает:
 - нагревающий с преобладанием:
 - а) радиационного тепла,
 - б) конвекционного тепла;
 - охлаждающий:
 - а) с субнормальными температурами (+10°C – 10°C),
 - б) с низкими температурами (ниже -10°);
 - переменный;
 - с повышенной влажностью:
 - а) при нормальной и низкой температуре воздуха,
 - б) при высокой температуре воздуха.

Параметры микроклимата определяются характеристиками воздуха.

Функциональная система микроклимат включает в себя : температуру воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, радиационная температура. Эти три элемента являются физической характеристикой газовой составляющей «воздушная среда», а радиационная температура – одна из физических характеристик инфракрасного электромагнитного излучения.

Одной из основных функций жилища является обеспечение человеку физического отдыха от проф занятий. Условия для отдыха должны быть такими, чтобы восстановительные процессы протекали на оптимальном уровне. При этом особое значение придается терморегуляции.

Оптимальное тепловое состояние – наблюдается в условиях теплового комфорта, не ограничиваемого по времени пребывания и не требующего включения дополнительных приспособительных механизмов организма.

Зона теплового комфорта- комплекс уровней метеорологических факторов жилой среды, при котором достигается оптимальное тепловое состояние.

Допустимый уровень теплового состояния- постоянство теплопродукции и нормальное соотношение процессов возбуждения и торможения в коре головного мозга.

Напряжение терморегуляции – приспособительные реакции организма (сужение/расширение сосудов и т.д)

Человек отдает эндогенное тепло окружающим предметам и получает тепло от предметов, температура которых выше его температуры двумя путями – конвекционным и радиационным (лучеиспускание).

Конвекционное тепло действует на поверхностные слои кожи, а лучистое тепло способно проникать в другие слои кожи, вызывая биохимический эффект (активация ферментативных процессов внутри клеток, деятельность внутренних органов и газообмен).

При действии на организм высокой температуры воздуха (выше 35 °С) нарушается в первую очередь отдача тепла конвекционным путем. Нагретые поверхности уменьшают или прекращают радиационную отдачу тепла, организм освобождается от излишнего тепла преимущественно потоиспарением. Кроме высокой температуры воздуха, человек часто подвергается воздействию низких температур. При очень низких температурах воздуха значительно возрастают теплотери путем радиации и конвекции, снижаются теплотери испарением.

Зябкость – увеличение лучистой составляющей в теплоотдаче при конвекционном отоплении при низкой температуре окружающей среды

Энергетически самое экономное соотношение путей теплообмена – доля лучистого отопления уменьшается на 15-20% и возрастание теплоотдачи путем конвекции.

82. Микроклиматические факторы в жилых зданиях. Принципы гигиенической оценки параметров микроклимата.

Температуру воздуха измеряют с помощью термометров измеряющих и фиксирующих. К ним относят спиртовой (минимальный), ртутный (максимальный) и электрический термометры. Для непрерывной регистрации температуры воздуха применяют самопишущие приборы – термографы.

При конвективном отоплении $T = 20-23$ гр холодный климат, $20-22$ гр умеренный климат, $23-25$ жаркий климат. Эти нормативы дадут ощущение теплового комфорта если температура внутренних поверхностей стен ниже температуры воздуха в комнате не более чем на $2-3$ гр.

Для определения температурного режима помещения измеряют температуру воздуха: у наружной стены (10 см от нее), в центре и у внутренней стены (10 см от нее). Измерения проводят на уровне $0,1 - 1 - 1,5$ м от пола. Анализируют перепады температуры по вертикали и горизонтали. Среднюю температуру помещения вычисляют по трем значениям измерений в различных точках по горизонтали, проведенным на высоте $1,5$ м.

Нормативные значения температуры:

- колебания по вертикали - $2-3^{\circ}\text{C}$;
- колебания по горизонтали - $2-3^{\circ}\text{C}$;
- средняя температура в жилых помещениях зимой $20 - 22^{\circ}\text{C}$, летом $21 - 25^{\circ}\text{C}$;
- суточные колебания в период отопления: центральное $2 - 3^{\circ}\text{C}$, печное $4 - 6^{\circ}\text{C}$.

Градиент по высоте помещения не должен превышать 2 градуса, повышение по вертикали более чем на 3 градуса может привести к переохлаждению нижних конечностей и рефлекторным изменениям температуры верхних дыхательных путей.

В гигиенической практике учитывают *относительную влажность воздуха и дефицит его насыщения*, т. е. разность максимальной и абсолютной влажности воздуха. Эти величины влияют на процессы теплоотдачи человека путем потоиспарения. ($30-70\%$ в жилище)

Чем больше дефицит насыщения, тем суше воздух, тем больше водяных паров он может воспринимать, следовательно, тем интенсивнее может быть отдача тепла потоиспарением. Высокая температура переносится легче, если воздух сухой. При температуре воздуха, близкой к температуре кожи, теплоотдача излучением и конвекцией резко снижена, но возможна теплоотдача через потоиспарение. При сочетании высокой температуры воздуха и высокой относительной влажности ($более 90\%$) испарение пота практически исключено, пот выделяется, но не испаряется, поверхность кожи не охлаждается, наступает перегревание организма. При высоких температурах воздуха низкая и умеренная относительная влажность способствует усиленному потоиспарению, что исключает перегревание. При низких температурах сухой воздух уменьшает теплопотери вследствие плохой теплопроводности.

Относительная влажность – отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах. Измеряется влажность с помощью *психрометров (Августа и Ассмана)* и *гигрометров*. Фиксировать изменения влажности в динамике можно с помощью *гигрографа*. *Комбинированный прибор ТКА-ПКМ/20* назначен для измерения относительной влажности воздуха (RH, %) и температуры воздуха (T, °C).

Подвижность воздуха влияет на теплопотери организма путем конвекции и испарения.

Допустимый диапазон скорости воздуха в условиях жилища – $0,1$ до $0,3$ м/с

При высокой температуре воздуха его умеренная подвижность способствует охлаждению кожи. Мороз в тихую погоду переносится легче, чем при сильном ветре, наоборот, зимой ветер вызывает переохлаждение кожи в результате усиленной отдачи тепла конвекцией и увеличивает опасность обморожений. Повышенная подвижность воздуха рефлекторно влияет на процессы обмена веществ: по мере понижения температуры воздуха и увеличения его подвижности повышается теплопродукция.

Движение ветра характеризуется *направлением и скоростью*.

Скорость движения воздуха определяется расстоянием, преодолеваемым воздушной массой за единицу времени и измеряется в м/с с помощью *анемометров, анеморумбометров*.

Малые скорости движения воздуха в помещениях измеряют с помощью *кататермометров* (цилиндрические и шаровые)

83.

Естественна

я вентиляция жилых и общественных зданий.

Расчет воздушного

куба.

Особенности воздухообмена в зданиях разной этажности

Вентиляция (от лат. ventilatio – проветривание) - регулируемый воздухообмен, осуществляемый для создания в помещениях воздушной среды, благоприятной для здоровья человека. Вентиляция зданий обеспечивает постоянное удаление избытка тепла, влаги, вредных газообразных примесей, скапливающихся в результате пребывания и деятельности людей.

Естественной вентиляцией называется инфильтрация наружного воздуха через различные щели, неплотности в окнах, дверях, отчасти через поры в стройматериалах в помещениях, а также проветривание с помощью окон, форточек, фрамуг и других отверстий, устраиваемых для усиления воздухообмена. В этом случае обмен воздуха происходит вследствие разницы температур комнатного и наружного воздуха и давления ветра.

Для усиления естественной вентиляции в **многоэтажных зданиях** во внутренних стенах прокладывают вытяжные каналы, в верхней части которых находятся приемные отверстия. Каналы выводят на чердак в вытяжную шахту, из нее воздух поступает наружу. Эта система работает на естественной тяге благодаря перепаду давления вследствие температурного градиента, это вызывает движение более теплого воздуха вверх. В холодное время года вытяжная система вентиляции способна обеспечить 1,5-2-кратный воздухообмен, в теплое время года эффективность такого вида вентиляции существенно снижается.

Вентиляцию характеризуют объем вентиляции и кратность воздухообмена.

Объем вентиляции - количество необходимого вентиляционного воздуха для одного человека в 1 час.

Кратность воздухообмена - санитарный показатель состояния воздушной среды в помещении, который показывает сколько раз воздух внутри помещения меняется на наружный. Вычисляется как отношение объема вентиляции к внутреннему объему помещения.

Чистота воздуха закрытых помещений обуславливается обеспечением для каждого человека необходимого объема воздуха – так называемого воздушного куба и его регулярной сменой с наружным воздухом. Объем вентиляции зависит от строительного объема помещения (кубатура помещения, м³), числа людей и характера работы, выполняемой в этом помещении.

В жилых, общественных помещениях и больничных палатах норма **воздушного куба** составляет 25-27 м³, объем вентиляции 37,7 м³, поэтому для полного удаления загрязненного воздуха и замены его чистым атмосферным воздухом необходимо обеспечить примерно полуторократный(1,5) обмен комнатного воздуха с наружным в течение 1 часа. Задачей вентиляции в данном случае является обеспечение содержания СО₂ в воздухе закрытого помещения в количествах, не превышающих ПДК , 1% (1%0).

Расчет объема вентиляции производится по формуле:

$P \cdot N$

$$L = \frac{P \cdot N}{P_1 - P_2},$$

где L – объем вентиляции, м³;

P – количество CO₂, выдыхаемое человеком в час (22,6 л);

N – число людей в помещении;

P_1 – максимально допустимое содержание CO₂ в помещении (0,1% = 1 ‰ = 1 л/м³);

P_2 – содержание CO₂ в атмосферном воздухе (0,04% = 0,4 ‰ = 0,4 л/м³).

84.
Оценка эффективности воздухообмена в жилых и общественных зданиях(СМ 83!!).
Искусственная
(механическая)
вентиляция.

Искусственная вентиляция. В общественных зданиях и сооружениях, рассчитанных на пребывание большого числа людей одной естественной вентиляции недостаточно для обеспечения надлежащего качества воздуха. В связи с этим устраивают механическую вентиляцию, которая не зависит от наружных условий и может обеспечивать подогрев (охлаждение) и очистку поступающего воздуха.

Искусственная вентиляция может быть местной и общеобменной. Для местной вентиляции используют электровентиляторы приточного или вытяжного действия, которые устанавливают в окнах или проемах стен. Чаще всего применяют местную вытяжную вентиляцию, она удаляет загрязненный воздух, а приток чистого осуществляется через окна и форточки. В помещениях с повышенным загрязнением воздуха устанавливают только вытяжные вентиляторы.

Общеобменная вентиляция рассчитана на воздухообмен во всем здании или в основных помещениях и функционирует постоянно или большую часть дня. В зависимости от назначения общеобменная вентиляция бывает:

- приточной;
- вытяжной;
- приточно-вытяжной.

Наружный воздух забирается вентиляторами, по каналу направляется в приточную камеру. Здесь он очищается от пыли, проходя через фильтр. В холодное время воздух подогревают, при необходимости увлажняют и подают в помещение по каналам во внутренних стенах. Приточные каналы оканчиваются закрытыми решетками отверстиями в верхней части стен. Для удаления загрязненного воздуха имеется другая система каналов, отверстия в которых располагаются в нижней части противоположной

внутренней стены. Каналы выводятся на чердак в общий коллектор, из которого воздух удаляется наружу вентилятором.

В гигиеническом отношении наиболее предпочтительна приточно-вытяжная система. Преобладание притока над вытяжкой предусматривается в помещениях, где чистота воздуха имеет особое значение (операционные, родовые и т. д.), в палатах для больных с инфекционными или гнойными заболеваниями вытяжка должна превалировать над притоком. В душевых, туалетах, кухнях устраивают только вытяжку.

В настоящее время разработана новая, более совершенная система вентиляции – кондиционирование воздуха, которая позволяет автоматически поддерживать в течение необходимого времени оптимальные параметры температуры, влажности, скорости движения и чистоты воздуха. Для этого используют центральные установки кондиционирования воздуха, предназначенные для обслуживания общественных зданий, вагонов. Для отдельных небольших помещений используются местные кондиционеры. Кондиционеры могут работать с забором наружного воздуха, а также на частичной или полной рециркуляции. Необходимо, чтобы при работе кондиционера были закрыты окна и другие отверстия, сообщающиеся с наружной средой.

При неправильной эксплуатации кондиционеров у людей могут возникать гиперчувствительность к микробным агентам и продуктам их деструкции (гиперчувствительная пневмония, называемая также лихорадкой увлажнителей воздуха), болезнь легионеров, а также понтиак-лихорадка. Гиперчувствительная пневмония проявляется гриппоподобным состоянием, выражающимся в виде общего недомогания, кашля, одышки, лихорадки.

Болезнь легионеров обусловлена бактериями рода *Legionellapneumophila*, размножающимися в загрязненных системах увлажнения воздуха, кондиционерах, душевых и ваннных комнатах. Признаки болезни: резкое начало с высокой температурой, сильный кашель, постоянная головная и мышечная боль, общее беспокойство.

Понтиак-лихорадка — более легкое заболевание, не связанное с вовлечением в патологический процесс легких. Характерны: короткий инкубационный период, гриппоподобные признаки, лихорадка, головная и мышечная боль.

85.

Гигиенические требования

, предъявляемые к освещению жилых и общественных зданий. Основные светотехнические понятия и геометрические показатели.

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.

Интенсивность освещенности рабочего места имеет большое значение для профилактики нарушений зрения, особенно, при работах, требующих зрительного напряжения. Нерациональное освещение приводит к зрительному утомлению, снижению работоспособности, способствует развитию близорукости.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, **естественное освещение** – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), (**Естественное освещение** — **освещение** земной поверхности за счёт прямого излучения Солнца или рассеянным светом небосвода.). Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

Нормирование и гигиеническая оценка естественного освещения существующих и проектируемых зданий и помещений выполняется **светотехническими** (инструментальными) и **геометрическими** (расчетными) методами.

Основным **светотехническим** показателем естественного освещения помещений является коэффициент естественной освещенности (КЕО)- интегральный показатель, определяющий уровень естественной освещенности с учетом всех факторов, влияющих на условия распределения естественного света в помещении. При боковом одностороннем освещении КЕО определяют следующим образом. При помощи люксметра (рис. 18) измеряют уровень естественной освещенности на уровне рабочего места на расстоянии 1 метр от внутренней стены и соотносят его с уровнем наружной естественной освещенности.

При работе с люксметром необходимо соблюдать следующие требования (МУ РБ 11.11.12-2002):

- приемная пластина фотоэлемента должна размещаться на рабочей поверхности в плоскости ее расположения (горизонтальной, вертикальной, наклонной);
- на фотоэлемент не должны падать случайные тени или тени от человека и оборудования; если рабочее место затеняется в процессе работы самим работающим или выступающими частями оборудования, то освещенность следует измерять в этих реальных условиях;
- измерительный прибор не должен располагаться вблизи источников сильных магнитных полей; не допускается установка измерителя на металлические поверхности.

Коэффициент естественной освещенности (согласно СНБ 2.04.05-98) нормируется для различных помещений с учетом их назначения, характера и точности выполняемой зрительной работы, например для классных комнат КЕО должен составлять не менее 1,5%, для жилых комнат - не менее 0,5%.

Геометрический метод оценки естественного освещения:

1. Световой коэффициент (СК) – отношение остекленной площади окон к площади пола данного помещения (числитель и знаменатель дроби делят на величину числителя). Недостатком этого показателя является то, что он не учитывает конфигурацию и размещение окон, глубину помещения.
2. Коэффициент глубины заложения (заглубления) (КГЗ) – отношение расстояния от светонесущей до противоположной стены к расстоянию от пола до верхнего края окна. КГЗ не должен превышать 2-2,5(в зависимости от типа помещений), что обеспечивается шириной притолоки (20-30 см) и глубиной помещения (6 м). Однако, не СК, не КГЗ не учитывают затенение окон противостоящими зданиями, поэтому дополнительно определяют угол падения света и угол отверстия.
3. Угол падения показывает, под каким углом лучи света падают на горизонтальную рабочую поверхность. Угол падения образуется исходящими из точки оценки условий освещения (рабочее место) двумя линиями, одна из которых направлена к окну вдоль горизонтальной рабочей поверхности, другая – к верхнему краю окна.
4. Угол отверстия дает представление о величине видимой части небосвода, освещающего рабочее место. Угол отверстия образуется исходящими из точки измерения двумя линиями, одна из которых направлена к верхнему краю окна, другая – к верхней точке затеняющего объекта.

Оценка углов падения и отверстия должна проводиться по отношению к самым удаленным от окна рабочим местам.

Нормы естественного освещения некоторых видов помещений

Вид	КЕО, %	Световой коэффициент (СК)	Угол падения света	Угол
-----	--------	---------------------------	--------------------	------

помещения				отверстия
Операционные, родовые палаты, лаборатории	Не менее 2,5	1:4 – 1:5	270	50
Учебные помещения, процедурные, боксы и изоляторы, перевязочные	1,25 – 1,5	1:4 – 1:5	270	50
Больничные палаты, кабинеты врачей	1,0	1:6 – 1:7	270	50
Жилые комнаты, регистратура	0,5	1:8 – 1:10	270	50

86.

Естественное освещение жилых и общественных зданий. Принципы гигиенической оценки результатов измерений
. СМ. 85!!

87.

Геометрические и светотехнические методы оценки освещения
. СМ 85!!

88.

Санитарно-эпидемическое нормирование, измерение и оценка искусственного освещения.

Недостаток естественного освещения должен быть восполнен искусственным, являющимся важнейшим условием и средством расширения активной деятельности человека.

Требования, предъявляемые к искусственному освещению:

- отсутствие слепящего действия;
- отсутствие резких теней;
- обеспечение правильной цветопередачи;
- света спектр максимально приближенный к естественному солнечному спектру;
- свечение источников света постоянное во времени;
- отсутствие неблагоприятного воздействия на физико-химические свойства воздушной среды;
- взрыво- и пожаробезопасность.

Искусственное освещение осуществляется светильниками (осветительными установками) общего и местного освещения. Равномерность освещения в помещении обеспечивает общая система освещения. Отношение максимальной освещенности к минимальной не должно превышать 1,3-2 (в зависимости от размера минимального объекта различения и вида источника света).

Достаточная освещенность на рабочем месте может быть достигнута путем использования местной системы освещения (настольные лампы). Наилучшие условия освещения достигаются при комбинированной системе освещения (общее + местное). Использование одного местного освещения без общего в служебных помещениях недопустимо.

Светильник состоит из источника искусственного освещения (лампы) и осветительной арматуры. В качестве источников искусственного электрического освещения помещений в настоящее время применяются лампы накаливания, люминесцентные, галогенные (таблица 9).

Таблица 9

Сравнительная характеристика современных источников искусственного освещения

Вид источника искусственного освещения	Достоинства	Недостатки
Лампы накаливания	Низкая цена; Компактность; Мгновенное зажигание; Хорошая цветопередача;	Низкая световая отдача; Наличие теплового излучения; Короткий срок службы;
Люминесцентные лампы	Низкая теплоотдача; Долгий срок службы; Хорошая цветопередача; Большая светоотдача; Широкий диапазон мощностей; Экономичность;	Высокая цена; Побочные эффекты в виде световой пульсации (стробоскопического эффекта) и монотонного шума; Наполнение парами ртути;
Галогенные лампы	Хорошая цветопередача; Экономичность; Прочность, устойчивость к частым перепадам атмосферного давления и резкой смене температуры; Широкий спектр размеров и форм;	Высокая теплоотдача; Чувствительность к перепадам напряжения в сети; Побочные эффекты в виде ультрафиолетового излучения;

Для перераспределения светового потока в нужных целях и равномерности освещения используется осветительная арматура. Она обеспечивает также защиту глаз от блескости источника света, а источник света от механических повреждений, влаги, взрывоопасных газов и т.д. Кроме того, арматура выполняет эстетическую роль.

Для характеристики искусственного освещения отмечают вид источника света (лампы накаливания, люминесцентные лампы и т.д.), их мощность, систему освещения (общее равномерное, общее локализованное, местное, комбинированное), вид арматуры и в связи с этим направление светового потока и характер света (прямой, рассеянный, отраженный), наличие или отсутствие резких теней и блескости.

Отраженная блескость – характеристика отражения светового потока от рабочей поверхности в направлении глаз работающего, определяющая снижение видимости вследствие чрезмерного увеличения яркости рабочей поверхности и вуалирующего действия снижающего контраст между объектом и фоном.

Искусственная освещенность может быть измерена непосредственно на рабочих поверхностях с помощью люксметра или определена ориентировочно расчетным методом. Согласно МУ РБ 11.11.12-2002 «Измерения и гигиеническая оценка освещения рабочих мест» измерение искусственного освещения с помощью люксметра от светильников (установок) искусственного освещения, в том числе, при работе в режиме совмещенного освещения (естественное + искусственное) должно проводиться на рабочих местах в темное время суток, когда отношение естественной освещенности к искусственной составляет не более 0,1. При комбинированном освещении (общее + местное) рабочих мест вначале измеряют освещенность от светильников общего освещения, затем включают светильники местного освещения и измеряют суммарную освещенность от светильников общего и местного освещения.

Для приблизительной оценки искусственной освещенности в дневное время суток, вначале определяют освещенность, создаваемую совмещенным освещением (естественным и искусственным), а затем – при выключенном искусственном освещении. Разность между полученными данными составит приближенную величину освещенности, создаваемую искусственным освещением.

Метод-ватт (по таблицам удельной мощности) является наиболее простым, но и наименее точным из всех методов расчета освещения, поэтому применяется для ориентировочных расчетов. Этот метод дает возможность определить мощность каждой лампы (Вт) для обеспечения в помещении нормируемой освещенности:

$$P_{л} = PS/N,$$

где $P_{л}$ - мощность одной лампы, Вт; P - удельная мощность, Вт/м²; S - площадь помещения, м²; N - количество ламп в осветительной установке.

Удельная мощность зависит от величины нормативной освещенности, площади и высоты помещения, типа и размещения светильника и коэффициента запаса. Ее значения приводятся в таблицах и могут изменяться в больших пределах, например при освещенности до 200 лк - от 8 до 28 Вт/м²

89.

Инсоляция.

Гигиенические требования к обеспечению инсоляцией жилых и общественных зданий, территории жилой застройки

Естественное освещение помещений зависит от следующих параметров:

Световой климат – совокупность условий естественного освещения в той или иной местности, которые складываются из общих климатических условий, степени прозрачности атмосферы, а также отражающих способностей окружающей среды (альбедо).

Инсоляционный режим – продолжительность и интенсивность освещения помещения прямыми солнечными лучами, зависящая от географической широты места, ориентации зданий по сторонам света, затенения окон деревьями или домами, величины светопроемов и т.д.

Инсоляция является важным оздоравливающим, психо-физиологическим фактором и должна быть использована во всех жилых и общественных зданиях с постоянным пребыванием людей, за исключением отдельных помещений общественных зданий, где инсоляция не допускается по технологическим и медицинским требованиям. К таким помещениям относятся: операционные, реанимационные залы больниц, выставочные залы музеев, химические лаборатории ВУЗов и НИИ, книгохранилища, архивы.

Инсоляционный режим оценивается:

- продолжительностью инсоляции в течение суток,
- процентом инсолируемой площади помещения;
- количеством радиационного тепла, поступающего через проемы в помещение.

Оптимальная эффективность инсоляции достигается ежедневным непрерывным облучением прямыми солнечными лучами помещений в течение **2-х часов**.

В зависимости от ориентации окон зданий по сторонам света различают три типа инсоляционного режима: максимальный, умеренный, минимальный.

В средних широтах (территория РБ) для больничных палат, комнат дневного пребывания больных, классов, групповых комнат детских учреждений наилучшей ориентацией, обеспечивающей достаточную освещенность и инсоляцию помещений без перегрева, является южная и юго-восточная (допустимая – ЮЗ, В).

На север, северо-запад, северо-восток ориентируются окна операционных, реанимационных, перевязочных, процедурных кабинетов, родовых залов, кабинетов терапевтической и хирургической стоматологии, что обеспечивает равномерное естественное освещение этих помещений рассеянным светом, исключает перегрев помещений и слепящее действие солнечных лучей, а также возникновение бликов от медицинского инструмента.

89. Инсоляция. Гигиенические требования к обеспечению инсоляцией жилых и общественных зданий, территории жилой застройки.

Инсоляционный режим – продолжительность и интенсивность освещения помещения прямыми солнечными лучами, зависящая от географической широты места, ориентации зданий по сторонам света, затенения окон деревьями или домами, величины светопроемов и т.д.

Инсоляция является важным оздоравливающим, психо-физиологическим фактором и должна быть использована во всех жилых и общественных зданиях с постоянным пребыванием людей, за исключением отдельных помещений общественных зданий, где инсоляция не допускается по технологическим и медицинским требованиям. К таким помещениям относятся: операционные, реанимационные залы больниц, выставочные залы музеев, химические лаборатории ВУЗов и НИИ, книгохранилища, архивы.

инсоляционный режим оценивается:

- продолжительностью инсоляции в течение суток,
- процентом инсолируемой площади помещения;

- количеством радиационного тепла, поступающего через проемы в помещение.

Оптимальная эффективность инсоляции достигается ежедневным непрерывным облучением прямыми солнечными лучами помещений в течение 2-х часов. В зависимости от ориентации окон зданий по сторонам света различают три типа инсоляционного режима: максимальный, умеренный, минимальный. В средних широтах (территория РБ) для больничных палат, комнат дневного пребывания больных, классов, групповых комнат детских учреждений наилучшей ориентацией, обеспечивающей достаточную освещенность и инсоляцию помещений без перегрева, является южная и юго-восточная (допустимая – ЮЗ, В). На север, северо-запад, северо-восток ориентируются окна операционных, реанимационных, перевязочных, процедурных кабинетов, родовых залов, кабинетов терапевтической и хирургической стоматологии, что обеспечивает равномерное естественное освещение этих помещений рассеянным светом, исключает перегрев помещений и слепящее действие солнечных лучей, а также возникновение блескости от медицинского инструмента.

Дальше из СанПиНа («Гигиенические требования обеспечения инсоляцией жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки» утв. Пост.МЗ РБ 28 апреля 2008 г. №80)

Под инсоляцией понимают непосредственное, прямое солнечное облучение внутренних помещений жилых и общественных зданий, территории жилой застройки.

Инсоляция должна присутствовать на территории жилой застройки, во всех жилых и общественных зданиях с постоянным пребыванием людей, за исключением отдельных помещений общественных зданий, где инсоляция не допускается по технологическим требованиям, предъявляемым к этим зданиям и помещениям.

Оптимальная эффективность инсоляции (ее общеоздоровительное, психофизиологическое, бактерицидное и тепловое воздействия) достигается при обеспечении ежедневного непрерывного 2,5 - 3-х часового облучения прямыми солнечными лучами помещений жилых и общественных зданий, территорий жилой застройки.

Инсоляция нормируется для весенне-осеннего периода года, с учетом светоклиматических особенностей и характера застройки.

Выполнение требований норм инсоляции достигается соответствующим размещением, ориентацией и планировкой зданий.

Исходя из оптимальной эффективности инсоляции установлены расчетное время года – 22 марта и 22 сентября, а также показатель минимального времени инсоляции, который для Республики Беларусь в расчетное время года должен быть не менее:

для помещений жилых и общественных зданий – **2,5 часа** непрерывной инсоляции;

для помещений учреждений здравоохранения, санаторно-курортных учреждений и учреждений отдыха, детских дошкольных учреждений, общеобразовательных учреждений и учреждений, обеспечивающих получение профессионально-технического образования с нормируемым периодом – **3 часа** непрерывной инсоляции;

для территорий детских игровых площадок, спортивных площадок и зон отдыха жилых домов, групповых площадок детских дошкольных учреждений, спортивной зоны, зоны отдыха и учебно-опытной зоны общеобразовательных учреждений и учреждений, обеспечивающих получение профессионально-технического образования – **2,5 часа** непрерывной инсоляции.

Продолжительность в течение дня непрерывной инсоляции должна обеспечиваться:

в жилых домах - в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах не менее чем одной жилой комнатой; в четырех-, пяти- и шестикомнатных квартирах не менее чем в двух жилых комнатах; в квартирах с количеством комнат более шести не менее чем в трех жилых комнатах;

в общежитиях: в жилых комнатах – не менее 60% количества жилых комнат;

в дошкольных учреждениях – в игровых и групповых помещениях;

в общеобразовательных учреждениях и учреждениях, обеспечивающих получение профессионально-технического образования: – не менее 75% количества классов, спальных-игровых, и не менее 50% количества в кабинетах и лабораториях (кроме кабинетов черчения, изобразительного искусства, информатики и электронно-вычислительной техники);

в учреждениях здравоохранения: в палатах для туберкулезных, инфекционных больных – не менее 90% от общего числа коек в отделении;

В условиях многоэтажной застройки (9-ть и более этажей) и затесненной застройки, допускается прерывистость инсоляции жилых и общественных зданий при увеличении суммарной продолжительности инсоляции в течении дня на 0,5 часа;

В случае обеспечения нормативной инсоляцией (не менее 2,5 часа) только одной комнаты в жилой квартире окно этой комнаты не должно затеняться остекленным летним помещением.

В жилых домах меридионального типа, где инсолируются все комнаты квартиры, при реконструкции жилой застройки или при размещении нового строительства в особо сложных градостроительных условиях (исторически ценная городская среда, дорогостоящая подготовка территории, зоны общегородских, районных центров) допускается сокращение продолжительности инсоляции на 0,5 часа.

В расчетах продолжительности инсоляции не учитывается первый час после восхода солнца и последний час перед заходом солнца.

Методы определения условий инсоляции или затемнения

помещений и территории в условиях застройки.

В практике государственного санитарного надзора наибольшее значение приобрел контроль и выполнение расчета нормируемой величины инсоляции при помощи контрольно-инсоляционной линейки.

Метод проектирования. Проектирование жилой группы с помощью предлагаемого метода позволяет максимально использовать солнечные лучи, попадающие на территорию, при соблюдении требований инсоляции окружающих зданий и свободных участков. При условии предварительного выполнения вспомогательных чертежей или чертежей с макетами зданий можно за короткий промежуток времени спроектировать любую жилую группу из нескольких зданий.

Метод выполнения чертежей

90. Отопление жилых и общественных зданий. Основные виды и системы и их гигиеническая характеристика.

Системы отопления и вентиляции должны обеспечивать соответствие допустимых параметров микроклимата в жилых помещениях жилых домов в течение всего отопительного периода следующим требованиям:

температура воздуха – +18 – +24°C;

Отопительные системы и установки направлены на создание искусственного климата в помещениях и служат для поддержания в холодный период года оптимальной температуры воздуха. При этом отопление должно быть регулируемым, не загрязняющим помещения газами, пылью и продуктами ее разложения на нагретых поверхностях. При определении оптимальных метеорологических условий в помещении учитываются способность человеческого организма к акклиматизации в разное время года, интенсивность производимой работы и характер тепловыделений в рабочем помещении.

Системы отопления представляют собой комплекс оборудования, необходимого для обогрева помещений, основными элементами которого являются источники тепла, теплопроводы, нагревательные приборы. Передача тепла осуществляется с помощью теплоносителей — нагретой воды, пара или воздуха.

Различают местные и центральные системы отопления.

К **местным** относятся системы, в которых все элементы отопления объединены в одном устройстве и оно предназначено для обогрева одного помещения. К местным системам относятся печное, газовое (при сжигании топлива в местном теплообменнике) и электрическое отопление.

Особенностью местного отопления является то, что топливник, выделяющий тепло при сжигании топлива, и внутренние дымообороты, по которым проходят горячий воздух и дым, находятся в отапливаемом помещении. Нагретые стенки печи отдают тепло воздуху помещения, а охлажденные дымовые газы отводятся через дымовую трубу в атмосферу.

В современных усовершенствованных системах местного отопления достигнут высокий коэффициент полезного действия (КПД) — отношение количества тепла, выделяемого массивом печи, к теплотворной способности сжигаемого топлива, которое не ниже, чем в системах центрального отопления.

Однако применение местных систем отопления связано с рядом недостатков в гигиеническом отношении: загрязнение помещений топливом, золой, наличие высокой температуры на отдельных участках наружной поверхности отопительного устройства и др.

К местным системам отопления предъявляются следующие санитарные требования:

местные источники отопления должны быть равномерно прогретыми по всей теплоизлучающей поверхности и обеспечивать незначительные колебания температуры, как по высоте, так и по всей площади отапливаемого помещения;

средняя температура поверхностей печи не должна быть выше допустимой, т. е. 90 °С, и по возможности равномерной по всей поверхности печи;

отделка наружных поверхностей отопительного устройства не должна способствовать скоплению на ней пыли.

Центральные системы отопления обогревают ряд помещений из одного источника (котельная, ТЭЦ), в котором вырабатывается тепло, передаваемое теплоносителем к нагревательным приборам.

В зависимости от вида теплоносителя различают следующие системы отопления: водяное, паровое и воздушное.

В системах водяного и парового отопления теплоносителем являются пар и вода, которые в нагретом состоянии подаются по трубопроводам к нагревательным приборам.

В воздушных системах воздух, нагретый в первичных теплоносителях, поступает непосредственно в помещение из распределительных каналов или от отопительных агрегатов, расположенных в самом отапливаемом помещении.

Водяное отопление получило в настоящее время широкое распространение благодаря своим преимуществам перед другими системами. Опыт эксплуатации таких систем показал их высокие гигиенические и эксплуатационные свойства. Система водяного отопления обладает наибольшей надежностью, бесшумна, проста и удобна в эксплуатации.

Панельно-лучистое отопление представляет собой отопление плоскими нагретыми поверхностями — панелями, устанавливаемыми в помещении. Отопительная панель выполняется в виде бетонной плиты, в которую заложены трубы для прохода теплоносителя, в качестве которого чаще всего используют горячую воду.

Отопительными панелями могут быть также элементы ограждения помещений, стены, потолки и полы. Панельно-лучистое отопление имеет ряд преимуществ по сравнению с другими системами, поскольку комфортные условия достигаются при более низкой температуре воздуха в помещении.

Достоинствами воздушного отопления являются высокая равномерность распределения температур в помещении, возможность создания благоприятной подвижности воздуха, а также подачи очищенного и увлажненного воздуха. Кроме того, воздушное отопление можно совместить с системами вентиляции и кондиционирования воздуха. К недостаткам данной системы относятся значительные размеры воздухопроводов, относительно большие потери тепла при передаче на большие расстояния.

По санитарно-гигиеническим требованиям температура поверхности нагревательных приборов не должна быть более 90 °С. Превышение этой температуры приводит к интенсивной возгонке органической пыли, оседающей на приборах. Кроме этого, нагревательные приборы должны иметь гладкую поверхность и удобную форму для их очистки.

По характеру поверхности нагревательные приборы могут быть с гладкой и ребристой поверхностью. По конструктивному признаку, определяющему способ передачи тепла, различают радиаторы, конвекторы, панели, приборы из гладких и ребристых труб (регистры и змеевики), калориферы

91. Строительные материалы и конструкции. Гигиенические требования, предъявляемые к синтетическим строительным материалам. (вопрос говно, что нашла в санпине то и есть)

Санитарные нормы и правила «Требования к организациям, осуществляющим строительную деятельность, и организациям по производству строительных материалов, изделий и конструкций»

Используемые и выпускаемые строительные материалы (песок, гравий, цемент, бетон, лакокрасочные, полимерные материалы и другое), изделия и конструкции должны иметь документы, подтверждающие их безопасность и безвредность для человека.

Строительные материалы, содержащие вредные вещества, должны храниться в герметически закрытой таре.

При приготовлении на строительной площадке строительных смесей и растворов, резки строительных материалов должны быть предусмотрены помещения, оснащенные средствами механизации, специальным оборудованием, системой местной вытяжной вентиляции.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ, КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ

Производство строительных материалов, изделий и конструкций из полимерного сырья должно размещаться в обособленных зданиях.

Производство строительных изделий с заполнением из пенополиуретана должно осуществляться в отдельном помещении камеры лакирования.

В складах химических веществ, полимерных материалов, смол, масел при хранении их в мелкой таре должны предусматриваться условия для очистки и мойки тары.

Технологические процессы изготовления изделий и конструкций из полимерного сырья (формирование многослойных конструкций, обработка изделий, переработка отходов, терможелирование, приготовление и нанесение адгезива на обшивочный материал, транспортировка обшивочного материала либо моделей панелей до места заливки, резки, а также транспортирование сырья) должны быть механизированы и автоматизированы.

Загрузка пресс-порошка в бункер пресс-автоматов, реактопласт-автоматов, роторных линий и таблет-машин должна быть механизирована и укрываться с организацией местной вытяжной вентиляции.

Все производственные источники тепла (терможелировочные камеры, барабанные прессы-вулканизаторы, газоструйные мельницы-сушилки, трубопроводы пара и горячей воды, станки камер сортирования многослойных конструкций) должны быть обеспечены устройствами, предотвращающими или ограничивающими выделение конвекционного и лучистого тепла в производственные помещения.

Устройства для резки изделий должны быть укрыты звукопоглощающим кожухом с аспирацией воздуха из-под укрытия.

. В складах для хранения готовой продукции и сырья с возможным загрязнением воздушной среды химическими веществами должна быть оборудована механическая общеобменная вентиляция.

Мойка тары, деталей оборудования должна проводиться в специальных помещениях в шкафах или под укрытиями, оборудованными местной вытяжной вентиляцией.

СанПиН «КРИТЕРИИ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ И ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

Полимерные строительные материалы - материалы, полученные с использованием в качестве связующего компонента синтетических высокомолекулярных соединений.

ПСМ не должны создавать в помещении специфического запаха, превышающего допустимую норму (2 балла), к моменту ввода зданий в эксплуатацию.

ПСМ не должны выделять в окружающую среду летучие вещества в количествах, которые могут оказывать прямое или косвенное неблагоприятное действие на организм человека (с учетом совместного действия всех выделяющихся веществ).

Во время эксплуатации зданий и сооружений в воздух помещений не должны выделяться из ПСМ химические вещества, относящиеся к 1-му классу опасности, а содержание остальных веществ не должно

превышать гигиенические нормативы (ПДК_{с.с.}, ОБУВ) для атмосферного воздуха, утвержденных Минздравом (гигиенические нормативы веществ, наиболее часто определяемые при экспертизе ПСМ, приведены в приложении 1 настоящей Инструкции).

При выделении из ПСМ нескольких химических веществ, обладающих суммацией действия, сумма отношений концентраций к их ПДК не должна превышать единицу.

Уровень напряженности электростатического поля на поверхности ПСМ в условиях эксплуатации помещений (при влажности воздуха 30-60%) не должен превышать: 15,0 кВ/м - тип А; 20,0 кВ/м - тип Б; 25,0 кВ/м - тип В;

Значения удельной эффективной активности естественных радионуклидов в ПСМ на минеральной основе и удельной активности цезия-137 в материалах из древесины, продуктов ее переработки и прочего растительного сырья не должны превышать гигиенические нормативы, утвержденные Минздравом (приложение 2 и 3 настоящей Инструкции).

ПСМ, применяемые для внутренней отделки помещений, к которым предъявляются особые требования к санитарно-эпидемиологическому режиму, не должны стимулировать рост и развитие микрофлоры, в том числе патогенной, и должны быть доступны и устойчивы к влажной дезинфекции.

ПСМ не должны ухудшать микроклимат помещений, а их окраска и фактура должна соответствовать эстетическим и физиолого-гигиеническим требованиям.

92. Гигиенические требования к планировке и оборудованию жилых зданий.

Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Требования к устройству, оборудованию и содержанию жилых домов» утв. пост. МЗ РБ 20.08.2015 №95

При проектировании жилых домов должны:

соблюдаться гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения (учитываться степень радоноопасности и радиоактивного загрязнения на участке застройки);

предусматриваться устройства, обеспечивающие доступ и условия проживания инвалидов-колясочников в соответствии с требованиями ТНПА.

Запрещается предусматривать размещение общественных туалетов.

Не допускается размещение в жилых домах:

пунктов приема посуды;

бань, саун (за исключением саун с инфракрасным излучением и криосаун);

химчисток и прачечных (кроме приемных пунктов и прачечных самообслуживания производительностью до 75 килограммов белья в смену);

автоматических телефонных станций общей площадью более 100 кв. м, предназначенных для телефонизации жилых домов;

похоронных бюро, магазинов по продаже ритуальных принадлежностей;

дискотек;

физкультурно-оздоровительных комплексов общей площадью более 150 кв. м;

магазинов общей торговой площадью более 1000 кв. м;

парикмахерских и мастерских по ремонту часов расчетной площадью более 300 кв. м;

мастерских по ремонту бытовых машин и приборов, ремонту обуви общей площадью свыше 100 кв. м;

отделений связи общей площадью более 700 кв. м;

организаций здравоохранения противотуберкулезного, кожно-венерологического, онкологического, психоневрологического, травматологического профиля, кабинетов магнитно-резонансной терапии;

ветеринарных лечебниц и кабинетов с содержанием и без содержания животных, вивариев, кинологических центров, приютов временного содержания домашних животных, пунктов передержки животных, гостиниц для животных;

объектов производственного и культурно-массового назначения, торговли, спортивных сооружений, предприятий бытового обслуживания, которые являются источниками выделения в воздух жилых помещений повышенных концентраций вредных веществ, уровней физических факторов, превышающих гигиенические нормативы.

Различают три типа внутренней планировки жилых зданий: квартирный, галерейный и гостиничный, или коридорный. Наиболее распространен квартирный тип. Квартиры в жилых зданиях объединяют в секции.

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 оборудования 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.

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.

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.

93. Государственный санитарный надзор в области гигиены жилых и общественных зданий.

Контроль за строительством и эксплуатацией жилых и общественных зданий занимает значительное место в работе врача по коммунальной гигиене.

Предупредительный санитарный надзор — это совокупность и система комплексных мероприятий, направленных на предупреждение гигиенических ошибок, которые могут возникнуть в процессе проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию объектов и сооружений, а также при разработке, создании и производстве новых изделий и материалов, внедрении новых процессов и технологий.

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.

Контроль за разработкой проектов жилых и общественных зданий осуществляет санитарно-эпидемиологическая служба на всех этапах проектирования.

В РБ 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 выборочного контроля, СЭС не всегда участвуют в рассмотрении 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.

На этапе выбора земельного участка решают вопросы санитарно-технического обеспечения здания: о возможности подключения к водопроводным, канализационным, тепловым сетям и др.

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 инфра-звуковых 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 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.

Окончательным документом при рассмотрении проекта или схемы является заключение, выдаваемое органами государственного санитарно-го надзора по ф. 303-У, которое должно быть обязательно зарегистрировано в едином для санэпидучреждения журнале ф. 304/У

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, saniруют 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.

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, журнале авторского и технологического контроля заказчика.

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.

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.

Нормативно-правовая документация по предупредительному санитарному надзору, которая должна быть в санэпидучреждениях: 1. Журнал регистрации заключений по отводу земельных участков под строительство, ф. 301-У (прил. 4). 2. Дело для копий заключений по отводу земельных участков под строительство. 3. Журнал регистрации проектов и заключений по проектам, ф. 304/У (прил. 7). 4. Дело для копий заключений по проектам строительства и реконструкции. 5. Журнал (список) учета объектов по предупредительному санитарному надзору по профилям гигиены с выделением основных объектов. 6. Карта предупредительного санитарного надзора строящегося (реконструируемого) объекта. 7. График обследования объектов по предупредительному санитарному надзору. 8. Дело для актов и материалов по осуществлению государственного санитарного надзора за разработкой и реализацией генеральных планов городов, поселков, сельских населенных пунктов, схем районной планировки, а также за соблюдением проектными организациями санитарных норм и правил при проектировании объектов народного хозяйства.

В тех случаях, когда органы государственного санитарного надзора выявили грубые нарушения и отступления от проекта, на основании материалов проверки оформляется постановление о запрещении или приостановлении строительства объекта по ф. 306-V (прил. 8) с реестром рассылки:

- финансовое учреждение (банк), кредитовавшее строительство данного объекта;
- заказчик;
- облЦГЭ, горЦГЭ (г. Минск), РЦГЭиОЗ;
- генеральный подрядчик.

Обязательно оставляется копия в санэпидучреждении, подготовившем постановление.

При приемке в эксплуатацию законченного строительством, реконструкцией объекта следует руководствоваться СН Беларуси 1.03.04-92 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов» и Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 452 от 29.11.1991 г. «Об утверждении положения о порядке приемки объектов 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.

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.

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.

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.

Кроме химического, оценивают и бактериологическое загрязнение воздуха помещений. Его определяют по общепринятым в санитарной бактериологии методам.

94. Система мероприятий по профилактике внутрибольничных инфекций

Весьма своеобразным и специфическим фактором больничной среды являются возбудители ВБИ, обитающие на всех ее объектах и поражающие как пациентов, так и персонал ЛПУ. Согласно определению ВОЗ, «внутрибольничные инфекции — это все клинически распознанные инфекционные заболевания, возникающие у больного в результате обращения за медицинской помощью, а также все случаи инфекционной заболеваемости медицинского персонала лечебных учреждений, возникающие в результате его профессиональной деятельности*».

ВБИ снижают результаты врачебного вмешательства, повышают издержки по уходу за больным и его лечению. ВБИ приводят к удлинению сроков пребывания больного в лечебном учреждении (например, внутрибольничная гнойно-септическая инфекция увеличивает число койко-дней в 2,5-3 раза), хронизации основного патологического процесса, повышению процента инвалидности среди пациентов, а в более тяжелых случаях являются причиной смерти больного (по данным ВОЗ, летальность среди

госпитализированных больных с присоединившейся ВБИ примерно в 10 раз выше, чем среди пациентов без ВБИ). Нельзя не учитывать и огромный экономический ущерб, причиняемый ВБИ.

По имеющимся данным, ВБИ страдают от 5 до 12% общего числа госпитализированных больных с колебаниями в зависимости от профиля лечебного учреждения от 3 до 20% и более. Носительство золотистого стафилококка среди врачей достигает 44,6%, среди медицинских сестер — 55,3%, среди санитарок — 75%. Первое место среди ВБИ по частоте занимают воздушно-капельные инфекции, второе — инфекции, вызывающие гнойно-воспалительные заболевания кожи и подкожной клетчатки, послеоперационные гнойно-воспалительные осложнения, септические заболевания родильниц и новорожденных, третье место — кишечные инфекции.

Проблема ВБИ, к сожалению, не нова, но и в современных условиях она не теряет свою остроту, поскольку заболеваемость ВБИ во всех странах мира значительна, а в некоторых случаях наблюдается и ее рост. Этот феномен обусловлен рядом причин, важнейшими из которых являются:

- формирование и широкое распространение в условиях ЛПУ полирезистентных к антибиотикам внутрибольничных штаммов условно- патогенных микроорганизмов, отличающихся повышенной устойчивостью к воздействию факторов окружающей среды, в том числе к дезинфицирующим агентам;
- широкое применение в современной лечебной практике лекарств, оказывающих иммунодепрессивное действие;
- нарушение в ЛПУ санитарно-противоэпидемического режима и недостаточный контроль за проведением гигиенических и противоэпидемических мероприятий; особенно негативно этот фактор проявляется в стационарах, размещенных в зданиях повышенной этажности, где зачастую возникают благоприятные аэродинамические условия для распространения инфекций.

Значительную роль в росте заболеваемости ВБИ играет постоянная сменяемость больных в стационаре, в результате которой большое количество людей подвергаются риску заражения ВБИ.

Широкое распространение ВБИ обусловлено не только пониженной резистентностью организма больных, но и характером общения в ЛПУ между больными, а также больными и персоналом. Пути и факторы передачи инфекции, которые не играют роли во внебольничном эпидемическом процессе, в ЛПУ оказываются ведущими. Это парентеральное введение лекарственных препаратов и крови; диагностические эндоскопические исследования; хирургические операции; перевязки; особый контактно-бытовой путь передачи, когда здоровый медицинский персонал, соприкасаясь руками с загрязненными объектами больничной среды, может вносить возбудителя ВБИ в организм пациента при различных медицинских манипуляциях. Следовательно, условия ЛПУ способствуют тому, что в качестве патогенных агентов в них выступают не только и не столько облигатно-патогенные, сколько условно-патогенные микробы и микробы-оппортунисты. Ведущая роль условно-патогенной микрофлоры в развитии ВБИ определяет и приоритетное значение в борьбе с этими инфекциями мероприятий неспецифической профилактики, направленных на разрыв эпидемической цепи на всех ее этапах.

Мероприятия по оптимизации факторов внутрибольничной среды

Для оптимизации факторов внутрибольничной среды и неспецифической профилактики ВБИ проводят архитектурно-планировочные, санитарно-технические и санитарно-противоэпидемические мероприятия.

Основной целью **архитектурно-планировочных мероприятий** являются обеспечение возможности организации в больнице лечебно-охранительного режима и предотвращение развития ВБИ планировочными приемами. Для достижения этой цели в основу планировочных решений должен быть положен принцип функционального зонирования как больницы в целом, так и ее подразделений; при этом формируются зоны различной чистоты, в той или иной степени изолированные друг от друга.

Рациональная планировка земельного участка ЛПУ, так же как и внутренняя планировка отдельных корпусов, играет важную роль в создании комфортных условий внутрибольничной среды. И наоборот, допущенные ошибки в архитектурно-планировочном решении отрицательно скажутся в процессе эксплуатации больницы, а главное, они практически неустраняемы.

Существует несколько систем застройки больничных комплексов. До 50-х годов XX века преобладала павильонная (децентрализованная) система застройки, в основе которой было стремление к

рассредоточению больных и размещению их в небольших (1-3-этажных) павильонах, расположенных свободно на определенном расстоянии друг от друга. Павильонная система обеспечивает хорошую изоляцию отделений и наиболее выгодные условия с точки зрения организации естественного освещения, инсоляции и аэрации. Основным недостатком этой системы является чрезмерная разбросанность всей застройки при небольшом объеме отдельных зданий, что требует значительной земельной площади и увеличивает протяженность инженерных коммуникаций (водопровод, канализация, отопление, электроснабжение). Кроме того, павильонная система застройки удлинит маршруты движения больных, персонала, доставки пищи, белья и т.д. Она также создает необходимость дублирования в лечебных корпусах специальных лечебно-диагностических кабинетов, что с нарастанием сложности и цены аппаратуры оказывается практически неосуществимым.

На смену павильонной системе централизованная система застройки с размещением всех больничных, лечебно-вспомогательных и административно-хозяйственных подразделений в одном многоэтажном здании с вертикальной системой коммуникаций, осуществляемой посредством системы лифтов. По своей идее централизованная система застройки является полной противоположностью павильонной и появилась как более выгодная в экономическом отношении: в ней предусматривается удобная вертикальная связь, сокращающая все графики движения и уменьшающая протяженность сетевых систем жизнеобеспечения. Централизованная система позволяет более рационально использовать аппаратуру для диагностики и лечения, а также обеспечивает возможность срочной взаимной консультации специалистов разного профиля. Однако у крупной однокорпусной больницы имеются и серьезные недостатки. Главным из них является наличие в здании отделений с большим количеством посетителей (поликлиника, административно-хозяйственные помещения, лаборатории и ряд других), что создает значительные трудности при организации лечебно-охранительного и санитарного режимов в больнице и увеличивает риск возникновения и быстрого распространения ВБИ.

Промежуточное положение между централизованной и децентрализованной системами занимает смешанная система застройки больниц, при которой основные соматические отделения, не требующие строгой изоляции и соблюдения особого санитарно-противоэпидемического режима, размещаются в главном корпусе; здесь же расположены лечебно-диагностические отделения (рентгенологическое, физиотерапии, лаборатории, аптека) и приемное отделение. Отделения, в которых необходимо соблюдение строгого санитарно-противоэпидемического режима (инфекционное, акушерское, детское и др.), размещаются в небольших корпусах с изолированной территорией. При этой системе в отдельно стоящих зданиях размещаются также поликлиника, административно-хозяйственные подразделения, бактериологическая лаборатория. Смешанная система является рациональной с гигиенической точки зрения, а также имеет хорошие технико-экономические показатели как в процессе строительства, так и при эксплуатации. Она получила широкое распространение при строительстве не только городских, но и районных больниц. Позже этот тип застройки был модернизирован и получил название централизованной блочной системы, при которой в отдельном моноблоке (9-12 этажей) размещаются палатные отделения, в 2-3-этажных блоках — лечебно-диагностические. Вспомогательные службы и отделения, требующие строгой изоляции, соединены переходами с основным блоком. Другой вариант централизованной блочной застройки представлен отдельными блоками (на 300-500 коек) с размещением в них однопрофильных больных и максимальным блокированием их с лечебно-диагностическими и вспомогательными службами комплекса. Такое расположение лечебно-диагностических отделений и палатных секций позволяет обеспечить возможность их быстрой перепланировки, изменения структуры и модернизации лечебно-диагностического оборудования. Последнее особенно важно, так как в связи с быстрым развитием науки и техники моральное старение материально-технической базы больницы происходит значительно быстрее, чем ее физический износ (посчитано, что на сегодняшний день при физическом старении зданий больницы за 100 лет моральное старение ее технологического оборудования происходит за 25 лет). Со временем блочная система стала основной при типовом проектировании и строительстве лечебных учреждений в нашей стране.

Важным условием оптимизации внутрибольничной среды являются рациональный выбор участка для строительства больницы, размещение его в плане населенного места. Строительство лечебных учреждений (как и любое другое строительство) должно быть согласовано с генеральным планом поселения с учетом перспектив его развития. Больница должна отвечать современным требованиям градостроительства и соответствовать общему архитектурному облику города или микрорайона. В зависимости от профиля стационар может располагаться в черте поселения или вне его, однако во всех случаях больничный участок должен иметь удобные, по возможности короткие транспортные пути, связывающие его с различными частями города.

Больницы для инфекционных больных, территориально не связанные с поликлиниками, рекомендуется располагать на периферии поселения в зеленой зоне. Стационары туберкулезные, психоневрологические, кожно-венерологические, восстановительного лечения, а также специализированные комплексы мощностью свыше 1000 коек следует размещать в пригородной зоне на территории зеленых массивов. Здесь могут быть созданы оптимальные условия для длительного лечения больных, включая пребывание на открытом воздухе, возможна организация трудотерапии.

Такие больницы следует располагать на расстоянии не менее 500 м от границы жилой застройки.

Под строительство ЛПУ выбирается наиболее здоровая территория поселения, с наветренной стороны по отношению к промышленной зоне, имеющая естественный уклон, низкий уровень стояния грунтовых вод, удаленная от промышленных предприятий и магистралей с интенсивным движением транспорта. Одновременно участок должен иметь удобные транспортные и иные средства связи с населением; возможность присоединения ко всем сетям инженерного благоустройства (водоснабжение, канализация, теплоснабжение, электроснабжение); достаточные размеры и правильную конфигурацию, от которой зависит архитектурно-композиционное решение больницы (расположение больничных корпусов, их ориентация по странам света, соблюдение установленных разрывов между зданиями). Размер участка больницы определяется ее коечностью, системой застройки, профилем, степенью централизации лечебно-диагностических и хозяйственных служб, а также климатическим районом. Участок, выбираемый для строительства больницы, должен быть функционально зонирован, это обеспечит правильную расстановку корпусов, а также удобные, короткие и оптимальные с противозидемических позиций маршруты движения персонала, больных, белья и т.д. Территория лечебного учреждения должна быть благоустроена, озеленена, ограждена и освещена. Плотность застройки участка больницы должна быть не более 15%. На территории многопрофильной больницы выделяются зоны: лечебных корпусов для инфекционных и неинфекционных больных, педиатрических, психосоматических, кожно-венерологических, радиологических корпусов и акушерских отделений, садово-парковая, поликлиники, патологоанатомического корпуса, хозяйственная и инженерных сооружений. Хозяйственная зона, к которой обычно примыкает зона патологоанатомического корпуса, должна располагаться с подветренной стороны по отношению к больничным корпусам. Въезды на территорию хозяйственной зоны и патологоанатомического корпуса необходимо изолировать от въезда на территорию лечебной зоны, кроме того, пути к ним должны проходить в удалении от лечебных корпусов. Отдельный въезд должен быть предусмотрен и для инфекционного отделения больницы.

Не менее 60% территории больничного участка должны составлять зеленые насаждения. Как известно, они благоприятно влияют на температурно-влажностный режим территории и помещений, снижают запыленность и бактериальную загрязненность атмосферного воздуха, а также благотворно влияют на психоэмоциональное состояние больного, способствуют эффективности лечения. Функциональное зонирование как стационара в целом, так и его подразделений, должно способствовать рациональной организации лечебно-охранительного и соблюдения противозидемического режимов.

С целью максимальной изоляции палатных отделений, операционных блоков, родильных залов и манипуляционных в архитектурно-планировочном решении многопрофильных больниц предусматрива-

ются размещение в отдельно стоящих зданиях (или блоках) инфекционных, кожно-венерологических, акушерских, детских, психосоматических, радиологических отделений, устройство шлюзов при палатах, при входе в палатные секции и отделения, операционные блоки, разделение палатных секций между собой и лестнично-лифтовым узлом нейтральной зоной.

Основной структурной единицей палатного отделения является **палатная секция**. Она представляет собой изолированный комплекс палат и лечебно-вспомогательных помещений, предназначенный для больных с однородными заболеваниями. Изолированная (непроходная) секция отвечает важнейшему требованию лечебно-охранительного режима, поскольку обеспечивает максимальный покой больному, снижает возможность занесения извне инфекции, улучшает условия труда медицинского персонала. Наиболее целесообразной с точки зрения организации лечебного процесса и создания охранительного режима является палатная секция на 25-30 коек, состоящая из 1-2 однокоечных палат, 2-4 двухкоечных и нескольких палат не более чем на 4 койки. В состав секции должны также входить помещение для дневного пребывания больных, буфетная и столовая, пост медицинской сестры, лечебно-вспомогательные помещения (кабинет врача, процедурная), санитарные и хозяйственные помещения (ванна, санузел, помещение для хранения предметов уборки). Для удобства эксплуатации палатной секции ее помещения должны быть рационально сгруппированы: столовая смежна с буфетной, кабинет врача — с манипуляционной; санитарные помещения объединяются в один комплекс, располагаемый вблизи хозяйственной лестницы. Для правильного функционирования секции площадь, отводимая под палаты, должна относиться к площади вспомогательных помещений как 1:1 или более в пользу вспомогательных. Это соотношение может быть соблюдено только в случае необходимого набора помещений и их достаточного (не менее нормативного) метража. Рассмотренная структура палатной секции терапевтического профиля должна подвергаться определенной коррекции при организации специализированных отделений (офтальмологических, психиатрических, акушерских и др.) ввиду особенностей лечения, диагностики и обслуживания больных.

Из палатных секций формируется более крупная структурная единица больницы — **палатное отделение**. Как правило, две секции объединяют в одно отделение. Чаще всего при двухсекционной схеме планировки отделения главная лестничная клетка с лифтами располагается в центральной части, обслуживая обе палатные секции. Здесь же с целью большей изоляции секции устраиваются общие для всего отделения помещения. Вместе с транспортным узлом они образуют центральную нейтральную зону. В ней располагают кабинет заведующего отделением, комнату старшей сестры, помещения для хранения каталок, а также лечебно-диагностические кабинеты, обслуживающие несколько отделений больницы (например, физиотерапевтический кабинет, кабинет функциональной диагностики). В этой зоне допускается устройство столовой и буфетной или помещения для отдыха больных, общего для двух секций.

Функциональное зонирование каждого подразделения стационара, подчиняясь общим принципам дистанцирования, имеет свои особенности. Операционный блок должен иметь два непроходных отделения — септическое и асептическое, изолированные как друг от друга, так и от палатных отделений. Наилучшие условия изоляции операционных блоков могут быть созданы при их размещении в изолированной пристройке-блоке, соединенной со стационаром переходами и системой шлюзов. При размещении операционных друг над другом септическая операционная должна размещаться выше асептической. Для соблюдения условий асептики в операционном блоке должно осуществляться четкое зонирование. Предусматриваются 3 зоны: в первой (стерильная зона) располагаются операционные залы, к которым в отношении асептики предъявляются самые строгие требования, во второй (зона строгого режима) — предоперационные и наркозные помещения, стерилизационная, помещение аппарата искусственного кровообращения, инструментально-материальная, помещения для хранения и приготовления крови, переносной аппаратуры, а также санпропускник для персонала, в третьей — все остальные помещения, входящие в состав операционного блока. Рациональная группировка и взаимосвязь помещений позволяет сформировать следующие потоки в операционном блоке: стерильный

— проход хирургов и операционных сестер, чистый — доставка больного, проход анестезиологов, младшего и технического персонала, доставка чистого белья, медикаментов, третий поток — удаление отходов, использованного белья, перевязочного материала и т.д.

В архитектурно-планировочном решении родовспомогательных лечебных учреждений должно быть обеспечено четкое деление отделений на физиологическое и обсервационное, цикличность их заполнения (разделение родового блока на 2 секции, а также наличие разгрузочных или резервных палат послеродовых отделений и отделения новорожденных), упорядочение внутрибольничных потоков путем изоляции потоков беременных и рожениц, поступающих в физиологическое и обсервационное отделения.

Родовое отделение включает в себя помещения для приема родов (смотровая, предродовая, родовая, манипуляционно-туалетная, стерилизационная, палаты интенсивной терапии, малая операционная), операционные, вспомогательные помещения. Целесообразно создание индивидуальных родовых палат, совмещающих функции предродовой, родовой, малой операционной и манипуляционно-туалетной.

Послеродовое отделение может быть сформировано по централизованному (раздельное пребывание родильниц и новорожденных), децентрализованному (новорожденный вместе с матерью в небольшой палате) и приближенному типу, при котором 2-4 новорожденных находятся в отдельной палате между палатами матерей.

Для недоношенных детей в послеродовом отделении наряду с постами медицинских сестер для здоровых новорожденных выделяется пост для недоношенных детей. Все палаты для недоношенных новорожденных оборудуются кюветами.

Перед входом в каждое отделение акушерского стационара должен быть предусмотрен шлюз с организованным самостоятельным воздушным режимом. Шлюз должен быть предусмотрен и при входе в отсек палат новорожденных. Таким образом, основным направлением санитарно-противоэпидемических мероприятий в акушерских стационарах является разобщение пациентов для снижения риска передачи инфекции другим пациентам.

Архитектурно-планировочные решения зданий **инфекционных отделений** больницы должны обеспечить надежную изоляцию больных с различными инфекционными заболеваниями, возможность проведения диагностических и лечебных мероприятий, а также соблюдение надлежащего санитарно-противоэпидемического режима.

Независимо от системы застройки больницы инфекционные отделения размещаются в отдельно стоящем здании на изолированной территории со своей садово-парковой зоной. Основной структурной единицей инфекционного отделения являются бокс, полубокс или боксированная палата.

При использовании боксов предусмотрена возможность полной изоляции больных. Больной не выходит из бокса до выписки, покидая его через наружный выход с тамбуром. Через наружный выход бокса больного перевозят на исследования и лечение в специализированные кабинеты. Вход персонала в боксы предусматривается из условно чистого коридора через шлюзы, где производятся смена спецодежды, мытье и дезинфекция рук. Боксированные отделения обладают наибольшей маневренностью и пропускной способностью. Полубоксы отличаются от боксов тем, что не имеют наружного выхода и больные поступают в них из общего коридора отделения через санитарный пропускник. Боксированные палаты отличаются от полубоксов отсутствием ванной. При входе в инфекционное отделение для персонала должен быть предусмотрен санпропускник. Входы в инфекционных отделениях должны быть отдельными для приема и выписки больных.

Мероприятиями, от которых в значительной степени зависят состояние внутрибольничной среды, качество лечебно-диагностического процесса, психологический климат больницы и, следовательно, про-

цесс выздоровления больных, являются **санитарно-технические мероприятия**. Их эффективность зависит не только от уровня санитарно-технического оснащения больницы, но и в значительной степени от грамотной и культурной его эксплуатации. Из технических систем и устройств, с помощью которых можно создать благоприятные бытовые условия в больнице, следует выделить в первую очередь рационально организованное водоснабжение, канализацию, систему сбора и удаления медицинских отходов, систему отопления и вентиляции, а также освещение. Немаловажное значение имеют также различные приемы устранения и ослабления шума в здании больницы, электромагнитного и, ионизирующего излучения.

Водоснабжение. Каждая больница независимо от мощности должна быть оборудована централизованным питьевым водопроводом и горячим водоснабжением. Лучшим решением является присоединение больницы к городским системам централизованного водоснабжения и канализации. В помещениях больницы с особым гигиеническим и противоэпидемическим режимом необходимо предусмотреть устройство резервных установок горячего водоснабжения на случай планового или аварийного отключения централизованной подачи горячей воды.

Канализация. При подключении ЛПУ к городской канализации предварительной очистки и обеззараживания сточных вод больницы не требуется. Установлено, что «сточные воды инфекционных и туберкулезных лечебных учреждений (отделений) перед сбросом в наружную канализацию должны быть обеззаражены». Известно, что эффективное обеззараживание хозяйственно-фекальных сточных вод возможно только после механической и биологической очистки. Однако строительство и последующая эксплуатация станции очистки сточных вод (канализационной станции — КС) на территории участка больницы, расположенной на территории города, создает ряд сложных санитарных проблем: отвод участка городской (!) земли, организация санитарного разрыва между КС и корпусами больницы и соседними жилыми кварталами шириной от 100 до 300 м, складирование и регулярный вывоз эпидемически опасного осадка КС, возможность проведения на КС аварийных работ и т.д. Следует учесть и трудности обеспечения эффективной работы КС малой мощности на территории города и укомплектования ее квалифицированным техническим персоналом. В то же время в ряде работ показано, что в случае 100-кратного разбавления сточных вод инфекционной больницы (отделения) общими стоками города в процессе совместной транспортировки на городские КС, можно добиться эпидемиологической безопасности городских сточных вод, очищенных и обеззараженных на обычных, хорошо работающих сооружениях. Таким образом, вопрос необходимости предварительной очистки и обеззараживания перед сбросом в городскую канализацию сточных вод инфекционных, в том числе туберкулезных, больниц (несомненно, бактериологически опасных!) должен решаться применительно к конкретной санитарной ситуации. В инфекционных и туберкулезных больницах, расположенных автономно, на территории зеленой зоны, необходим строгий производственный контроль эффективности работы собственных КС.

Обращение медицинских отходов. В ЛПУ, кроме обычных твердых бытовых отходов, в процессе производственной деятельности образуются различные так называемые медицинские отходы, значительно различающиеся как по своему фракционному составу, так и по степени токсикологической, эпидемической и экологической опасности. Потенциальная опасность медицинских отходов связана с риском заражения при контакте с инфицированным материалом в составе этих отходов, физического повреждения кожных покровов и слизистых оболочек острыми предметами, токсического и радиоактивного поражения, а также экологическим риском при их поступлении в окружающую среду. С учетом степени потенциального риска опасности медицинские отходы отнесены ВОЗ к категории опасных, требующих специальных технологий при их обращении (сбор, сортировка, транспортировка, хранение, переработка и обезвреживание). Медицинские отходы делятся на 5 классов: А — отходы, не имеющие контакта с пациентами, близкие по составу к ТБО; Б — потенциально инфицированные и патологоанатомические отходы, к этому классу относятся и использованные одноразовые шприцы (после дезинфекции, без игл); В — отходы от больных особо опасными

инфекциями, а также отходы, имевшие контакт с микроорганизмами 1-й и 2-й групп патогенности; Г — отходы, по составу близкие к промышленным (просроченные лекарственные и дезинфицирующие средства, цитостатики и другие химические препараты, ртутьсодержащие предметы, приборы, люминесцентные лампы); Д — радиоактивные отходы (основная масса — низкорadioактивные отходы с периодом полураспада менее 15 сут).

Для каждого класса санитарными правилами определен способ сбора, обезвреживания и удаления. Отходы класса А — возможны вывоз на полигоны ТБО, обезвреживание на мусоросжигательных или мусороперерабатывающих заводах; отходы класса Б — обязательный сбор после дезинфекции в одноразовую упаковку и высокотемпературное обезвреживание (предпочтительный способ) или вывоз на полигоны ТБО; отходы класса В — обезвреживание только высокотемпературными методами без отдельного сбора и сортировки; отходы класса Г — сбор и сдача на переработку люминесцентных ламп; остальные виды отходов собираются в общие контейнеры и вывозятся на полигоны ТБО; отходы класса Д — после соответствующей выдержки сбор совместно с остальными и вывоз на полигоны ТБО.

Детализация и реализация планов по сбору и удалению медицинских отходов должны разрабатываться для каждого ЛПУ отдельно в зависимости от вида и типа учреждения, а также его профиля.

Отопление. Основной задачей отопления является создание комфортного микроклимата в помещениях больницы. Чаще всего для этих целей применяют центральную систему водяного отопления низкого давления. В городах отопительная система больниц, как правило, подключается к теплоцентралям, а в поселках применяются автономные системы отопления с использованием собственной котельной. При этом котельная предусматривается не только с отопительными целями, но и для снабжения больниц горячей водой. При организации отопления для ряда помещений больницы (операционные, предоперационные, родильные залы, палаты для жоговых больных и др.) предпочтение следует отдавать лучистому отоплению наружно-стенового подоконного вида, которое является более физиологичным. Именно этот вид лучистого отопления надежно обеспечивает нормативную температуру воздуха в помещении.

В качестве теплоносителя в системах отопления больниц может использоваться только вода; температура нагревательных приборов не должна превышать 80 °С. Требования к конструкции систем отопления в больнице такие же, как и в других жилых и общественных зданиях.

Освещение помещений ЛПУ должно обеспечивать хорошие условия для работы персонала и комфорт для больных. Нормативные показатели инсоляции и естественной освещенности помещений ЛПУ достигаются как в жилых зданиях, посредством внутренней планировки здания, его ориентации по странам горизонта, высотности, площади и высоты окон, конструкции оконных переплетов, глубины помещений. Нормируемые количественные и качественные показатели должны обеспечиваться рациональной системой искусственного освещения.

Вентиляция. Для поддержания в помещениях больницы требуемой чистоты воздуха (как химической, так и бактериальной) необходимы грамотно просчитанные системы механической приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования. Их конструкции должны не только отвечать гигиеническим требованиям к системам вентиляции, рассмотренным выше, но и соответствовать назначению функциональных зон больничных корпусов. Можно следующим образом сформулировать принцип выбора системы вентиляции для больничных помещений: в тех случаях, когда помещение может служить источником бактериального или химического загрязнения, должна преобладать вытяжка, при необходимости поддержания особой чистоты воздуха в помещении должен преобладать приток. В инфекционных отделениях, отделениях гнойной хирургии и патологоанатомическом, в кабинетах лечения ультразвуком и ряде других вытяжка воздуха должна на 20-25% превышать его приток. В операционных, родовых залах и реанимационных блоках, наркозных, ожоговых палатах и отделениях новорожденных, наоборот, приток воздуха должен на 15-20% превышать вытяжку. В палатах, боксах и полубоксах инфекционных отделений организуют вытяжную вентиляцию (на гравитационном напоре) с

отдельными каналами для каждого помещения, а подачу приточного воздуха осуществляют в коридор. Для создания изолированного воздушного режима палат в соматических отделениях следует предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию, при этом вытяжные каналы должны открываться в санузлах.

В нейтральной зоне палатной секции необходимо обеспечить подпор воздуха, чтобы исключить перемещение воздушных потоков из одной секции в другую, а также из лестнично-лифтового узла в секции и наоборот.

Для организации рационального воздухообмена в операционном блоке следует обеспечить движение воздушных потоков из операционных в прилегающие к ним помещения (предоперационные, наркозные и др.), а из этих помещений в коридор. Для исключения возможности поступления в операционный блок воздушных масс из лестнично-лифтового узла необходимо устройство между ними шлюза с подпором воздуха.

Перспективной системой вентиляции в операционных блоках является вентиляция, основанная на использовании ламинарного потока воздуха. **Ламинарный поток** — это непрерывное движение в одном направлении через ограниченную рабочую область большого объема (до 99,99%) профильтрованного, высокоочищенного воздуха. Подача воздуха осуществляется или через поверхность боковой стены операционной с удалением его через противоположную или через всю поверхность потолка с удалением его через нижнюю зону. Приточные системы вентиляции с ламинарными потоками, обеспечивающими 500-600- кратный воздухообмен, устраиваются в операционных для особо чистых операций на суставах, позвоночнике, в палатах для лечения открытым способом больных с обширными ожогами кожных покровов. Более простой приточной системой вентиляции для операционной является подача воздуха через перфорированную потолочную панель с площадью, равной площади чистой зоны. Высокое качество воздушной среды в зоне операционного стола и поддержание заданных параметров микроклимата достигается в этом случае увеличением кратности воздухообмена как в зоне операции, так и во всем объеме помещения (кратность воздухообмена в операционной достигает 18-20, а в зоне операции — 72-80), что значительно снижает вероятность внесения инфекции в операционную рану.

Независимо от системы искусственной вентиляции в помещениях больницы (кроме операционных) должна быть предусмотрена также возможность естественного проветривания через фрамуги и форточки.

Рассмотренные архитектурно-планировочные и санитарно-технические мероприятия, направленные на поддержание комфортной и здоровой внутрибольничной среды, в ряде случаев могут оказаться недостаточными, если не будут дополнены комплексом **санитарно-противоэпидемических мероприятий**. Основной задачей этих мероприятий являются поддержание надлежащего санитарного состояния в больнице, выявление, санация, лечение бактерионосителей среди медицинского персонала; соблюдение правил приема лиц, поступающих на работу, и правил приема больных на лечение; систематический контроль за бактериальной обсемененностью воздуха и предметов обихода; ознакомление медицинского персонала с новыми видами профилактических мероприятий, высокоэффективными методами обеззараживания рук персонала и кожи операционного поля, новыми методами и средствами дезинфекции для обработки приборов и аппаратов. В комплексе санитарно-противоэпидемических мероприятий значительная роль принадлежит дезинфекционно-стерилизационным мероприятиям, относящимся к компетенции специалистов-эпидемиологов.

95. Гигиенические основы современного строительства организаций здравоохранения. Выбор участка, его планировка и застройка.

Выбор участка:

- 1) должен быть удален от транспортных магистралей, железных дорог, аэропортов, предприятий и других мощных источников воздействия физических факторов с учетом обеспечения уровней шума, установленных в ТНПА для помещений жилых и общественных зданий;
- 2) должен быть удален от свалок, полей ассенизации, скотомогильников, кладбищ и других источников воздействия биологических, химических, физических факторов;
- 3) должен быть сухим, чистым, хорошо проветриваемым и инсолируемым;
- 4) должен иметь отвод ливневых и паводковых вод при сложных рельефах местности

Территория организаций здравоохранения должна соответствовать следующим требованиям: 1) должна иметь целостное ограждение, безопасное по конструкции;

2) должна быть озеленена. Площадь озеленения незастроенной территории должна составлять не менее 60%. При озеленении территории организации здравоохранения не должны применяться:

- 3) древесные насаждения, которые при цветении выделяют хлопья, волокна и опушенные семена;
- 4) колючие кустарники;
- 5) кустарники и деревья с ядовитыми плодами;

6) должна содержаться в чистоте. В летнее время должно регулярно проводиться скашивание и уборка травы, в осеннее время - уборка опавшей листвы, в зимнее - уборка снега, а также проводиться противогололедные мероприятия;

должны быть установлены мусоросборники с крышками (далее - мусоросборники) на специальных площадках с твердым покрытием и ограждением (далее - специальные площадки). Специальные площадки должны содержаться в чистоте. Мусоросборники после выгрузки мусора должны подвергаться уборке, промываться и дезинфицироваться. Вывоз пищевых отходов должен осуществляться ежедневно;

7) должны быть установлены урны для сбора мусора у входов в здания организаций здравоохранения и в местах отдыха пациентов. Урны должны регулярно очищаться от мусора и содержаться в чистоте;

8) должна быть освещена в темное время суток;

9) должны быть предусмотрены удобные подъездные пути с твердым покрытием. Твердое покрытие должны иметь внутренние проезды и пешеходные дорожки, которые должны содержаться в удовлетворительном состоянии и своевременно ремонтироваться;

10) должна быть оборудована временная стоянка для автотранспорта пациентов, посетителей и работников организаций здравоохранения;

11) прокладка магистральных инженерных коммуникаций городского (сельского) назначения (водоснабжение, канализация, теплоснабжение, электроснабжение) через территорию организации здравоохранения не допускается.

На территории больницы организации здравоохранения должны быть предусмотрены зоны:

- 1) зданий лечебных корпусов (палатных, лечебно-диагностических, поликлинических);

2) для прогулок и отдыха пациентов (Зона для прогулок и отдыха пациентов должна быть оборудована скамейками и беседками, которые должны быть окрашены и содержаться в удовлетворительном санитарном состоянии. Зона для прогулок и отдыха пациентов с туберкулезом с множественной лекарственной устойчивостью микобактерий (далее - пациенты с МЛУ туберкулезом) в туберкулезной больничной организации здравоохранения (далее - туберкулезная больница) должна быть изолирована и обозначена.)

3) патологоанатомического корпуса (должна быть максимально удалена и изолирована от зоны зданий лечебных корпусов, зоны для прогулок и отдыха пациентов; не должна просматриваться из окон лечебно-диагностических помещений организаций здравоохранения, а также жилых и общественных зданий, расположенных вблизи территории организации здравоохранения.

4) хозяйственная зона.

Въезды в хозяйственную зону и зону патологоанатомического корпуса больничной организации здравоохранения: должны быть обособлены от путей поступления пациентов в приемное отделение больничной организации здравоохранения; должны проходить в стороне от зданий лечебных корпусов больничной организации здравоохранения; могут быть совмещены между собой.

При входе в зону зданий лечебных корпусов должны быть установлены схемы с указанием наименования зданий лечебных корпусов, их размещения и путей движения к ним пациентов и посетителей.

!!! Размещение больничных организаций здравоохранения в жилых зданиях запрещается.

!!! Размещение организаций здравоохранения инфекционного и противотуберкулезного профиля в общественных зданиях немедицинского назначения запрещается.

Основные принципы планировки организаций здравоохранения:

1) принцип дистанцирования - деление всех потоков и процессов на «чистые» и «грязные»

2) принцип функционального зонирования

3) принцип боксированности и шлюзования помещений.

Типы строительства больниц: централизованный, децентрализованный, смешанный.

Во вновь строящихся, реконструируемых больничных организациях здравоохранения многопрофильного назначения (далее - многопрофильная больница) должно быть предусмотрено размещение в отдельных зданиях: инфекционных отделений; туберкулезных отделений; кожно-венерологических отделений; родильных и послеродовых отделений; психиатрических отделений; детских отделений; микробиологических лабораторий; пищевых блоков (далее - пищеблок).

96. Гигиенические требования к внутренней планировке и санитарно-техническому оборудованию организаций здравоохранения.

Архитектурно-планировочные и конструктивные решения зданий и помещений организаций здравоохранения должны обеспечивать:

1) оптимальные условия пребывания пациентов;

2) оптимальные условия труда и отдыха работников;

3) соблюдение требований противоэпидемического режима при проведении лечебно-диагностических мероприятий;

- 4) четкое зонирование отделений и цикличность их заполнения;
- 5) упорядочение внутрибольничных потоков;
- 6) надежную изоляцию пациентов с соматическими и инфекционными заболеваниями;
- 7) возможность свободного передвижения инвалидов.

!!!! Набор помещений организаций здравоохранения должен определяться мощностью организаций здравоохранения и профилем оказываемой медицинской помощи.

В минимальный набор помещений для организации здравоохранения должны входить: вестибюль; кабинет приема; комната для работников организации здравоохранения; туалет; складское помещение; стерилизационная при проведении стерилизации в организации здравоохранения.

- В организациях здравоохранения входные двери в здания, отделения и помещения должны иметь притворные механизмы и должны быть постоянно закрытыми.
- В организациях здравоохранения должны быть предусмотрены боксы, полубоксы, боксированные палаты (далее - боксированные помещения) для оказания медицинской помощи пациентам с: инфекционными заболеваниями; ожогами; иммунодефицитными состояниями.
- В состав бокса организации здравоохранения (далее - бокс) должны входить следующие помещения:
наружный тамбур; палата; санитарный узел, шлюз.

Боксы должны соответствовать следующим требованиям:

должны быть оборудованы изолированным выходом на территорию организации здравоохранения через наружный тамбур; должны быть остеклены стены или двери палат бокса, выходящие в шлюз и коридор, для обеспечения наблюдения за пациентами; должен быть оборудован специальный передаточный шкаф для передачи пищи, лекарственных средств и белья в палату; должна обеспечиваться организация полной санитарной обработки пациента в условиях бокса; вход в санитарный узел бокса должен осуществляться из палаты.

Санитарный узел бокса должен состоять из:

туалета; ванной с душем или душевой.

Шлюз бокса должен быть оборудован:

умывальником; крепежными устройствами для сменных комплектов санитарно-гигиенической одежды (далее - СГО).

В состав полубокса организации здравоохранения (далее - полубокс) должны входить следующие помещения: шлюз; палата; санитарный узел.

В состав боксированной палаты организации здравоохранения должны входить следующие помещения: шлюз; палата; туалет.

- Вместимость палат в организациях здравоохранения должна быть не более чем на четыре койки, если иное не установлено настоящими Санитарными правилами.

Вместимость палат в больничных организациях здравоохранения должна быть не более чем на одну койку: в палатах для пациентов с имеющимися инфекциями в отделениях реанимации, палатных

отделениях многопрофильных больниц; в палатах для пациентов с МЛУ туберкулезом; в асептических палатах асептических отделений; в асептических палатах для пациентов с ожогами.

Вместимость палат в больничных организациях здравоохранения должна быть не более чем на две койки; в палатах для пациентов в отделениях реанимации; в палатах для пациентов в возрасте до 5 лет; в палатах для пациентов инфекционных больниц; в палатах для пациентов с ожогами хирургических отделений и ожоговых отделений; в палатах с асептическими палатками.

- Стены и полы помещений организаций здравоохранения должны соответствовать следующим требованиям: должны быть ровными, гладкими и без щелей; должны выполняться из влагонепроницаемых материалов, устойчивых к моющим средствам и средствам дезинфекции.
- Покрытия полов в организациях здравоохранения должны быть изготовлены из материалов, обладающих повышенными теплоизоляционными свойствами.
- Нагревательные приборы помещений организаций здравоохранения должны иметь гладкую поверхность и допускать влажную очистку и дезинфекцию.
- в зданиях организаций здравоохранения должна оборудоваться система приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением для помещений с нормируемым воздухообменом и естественная вентиляция. Естественная вентиляция в помещениях организаций здравоохранения должна обеспечиваться посредством форточек, откидных фрамуг, створок оконных переплетов, систем приточно-вытяжной вентиляции с естественным побуждением. Форточки, откидные фрамуги и створки оконных переплетов должны содержаться в исправном состоянии;
- Светильники общего освещения помещений организаций здравоохранения, размещаемые на потолках, должны быть со сплошными (закрытыми) рассеивателями. Осветительные приборы помещений организаций здравоохранения должны содержаться в чистоте, вышедшие из строя лампы должны немедленно заменяться.
- В организациях здравоохранения должно быть предусмотрено резервное горячее водоснабжение.

97. Гигиенические требования к планировке и режиму эксплуатации инфекционного отделения (больницы).

Про боксы, боксированные палаты (из предыдущего вопроса).

. Инфекционные больничные организации здравоохранения (далее - инфекционная больница) должны соответствовать следующим требованиям:

в приемном отделении инфекционной больницы для приема, осмотра и санитарной обработки поступающих пациентов должны использоваться только приемно-смотровые боксы.

должны быть предусмотрены отдельные изолированные входы с улицы для следующих помещений инфекционной больницы:

реанимационного бокса с палатой интенсивной терапии;

лаборатории с помещением для приема анализов;

кабинета стоматолога;

в палатных отделениях, отделении реанимации инфекционной больницы пациенты должны размещаться в боксированных помещениях;

в палатных отделениях инфекционной больницы должны быть предусмотрены отдельные маршруты (контаминированные и чистые), разграниченные отдельными изолированными входами с улицы и лестнично-лифтовыми узлами.

Контаминированные маршруты в палатном отделении инфекционной больницы должны предусматривать:

доставку пациентов в боксированные помещения палатного отделения из приемно-смотровых боксов приемного отделения инфекционной больницы;

доставку пациентов из палатного отделения в отделение реанимации инфекционной больницы;

транспортирование из палатного отделения грязного белья, пищевых и медицинских отходов, материала, предназначенного для лабораторных анализов.

Чистые маршруты в палатном отделении инфекционной больницы должны предусматривать:

передвижение медицинских работников по палатному отделению;

транспортирование в палатное отделение чистого белья, лекарственных средств, перевязочных материалов, передач для пациентов;

передвижение посетителей для беседы с лечащим врачом.

В инфекционной больнице должно предусматриваться специальное помещение или специальная площадка для дезинфекции санитарного автотранспорта.

Специальное помещение, специальная площадка для дезинфекции санитарного автотранспорта должны быть оборудованы:

системой централизованного холодного и горячего хозяйственно-питьевого водоснабжения;

системами перехвата и отвода смывных вод.

98. Гигиенические требования к планировке и режиму эксплуатации родильного отделения.

Родильные дома (далее - роддома) должны соответствовать следующим требованиям:

обсервационное родильное и обсервационное послеродовое отделения (далее - обсервационные отделения) во вновь строящихся роддомах должны размещаться на первом этаже здания роддома в изолированном блоке. В действующих роддомах обсервационные отделения роддома должны размещаться на верхнем этаже здания роддома над гинекологическим отделением, отделением патологии беременных, физиологическим родильным и физиологическим послеродовым отделениями роддома (далее - физиологические отделения роддома);

обсервационные отделения роддома должны быть изолированы от других отделений роддома;

должны быть:

предусмотрены шлюзы на выходе из обсервационных отделений роддома (далее - шлюзы обсервационных отделений).

изолированы между собой маршруты передвижения беременных, рожениц, родильниц обсервационных отделений роддома, физиологических отделений роддома, отделений патологии беременности и гинекологических отделений роддома;

предусмотрены шлюзы перед входом в палату новорожденных (далее - шлюзы палат новорожденных) в послеродовых отделениях роддома. Шлюзы палат новорожденных должны быть оборудованы в соответствии с частью второй пункта 53 настоящих Санитарных правил;

предусмотрены палаты совместного пребывания родильниц и новорожденных в послеродовых отделениях роддома. Количество палат совместного пребывания родильниц и новорожденных в послеродовых отделениях роддома должно определяться заданием на проектирование.

Полы в операционных, наркозных, в индивидуальных родовых палатах и в родильных залах организаций здравоохранения должны быть антистатические.

99. Гигиенические требования к планировке и режиму эксплуатации хирургического отделения. (сороковые пункты 3 главы,кому не хватит):

В организациях здравоохранения, оказывающих медицинскую помощь пациентам с хирургическими заболеваниями с использованием технологии хирургии одного дня, должны быть выделены помещения для временного пребывания пациентов после операции.

Особенности планировки хирургического отделения: операционный блок; удобные связи с операционным блоком и диагностическим отделением; наличие соответствующего числа перевязочных и процедурных; организацию условий для послеоперационного пребывания больных в специально оборудованных палатах; исключение возможности контакта послеоперационных «чистых» больных и так называемых « гнойных» больных, у которых появились послеоперационные осложнения.

Операционный блок – структурное подразделение хирургического отделения больницы, состоящее из операционных и комплекса вспомогательных(и обеспечивающих) помещений для проведения хирургических операций.

Операционные блоки:

- Общепрофильные
- Специализированные(травматологические,кардиохирургически,ожоговые,нейрохирургические и т.д.)

Отделения операционного блока:

- Септические
- Асептические

В минимальный набор помещений операционного блока организации здравоохранения должны входить:

- операционная;
- предоперационная;
- наркозная;
- санпропускник для работников организации здравоохранения;
- стерилизационная;
- складское помещение;
- **помещение для хранения послеоперационных отходов;**
- бельевое помещение для грязного белья.

Операционные операционных блоков и малых операционных организаций здравоохранения должны соответствовать следующим требованиям:

- не должны быть проходными;
- размещение более одного операционного стола в операционной не допускается.

!!!При одновременном размещении в одном здании лечебного корпуса хирургических отделений с операционными блоками и палатных отделений нехирургического профиля хирургические отделения с операционными блоками должны располагаться на верхнем этаже здания.

!!!При одновременном размещении в одном здании лечебного корпуса септических и асептических операционных блоков септические операционные блоки должны располагаться выше асептических.

100. Гигиеническое значение зеленых насаждений. Требования к озеленению населённых пунктов и зон отдыха населения.

1)Площадь озеленения незастроенной территории должна составлять не менее 60%.

При озеленении территории организации здравоохранения не должны применяться:древесные насаждения, которые при цветении выделяют хлопья, волокна и опушенные семена;колючие кустарники;кустарники и деревья с ядовитыми плодами;

101. Гигиеническое значение организации улично-дорожной сети. Благоустройство улиц.

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).

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.

Все улицы делятся на следующие категории (ТКП 45-3.01-116-2008 (02250) «ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ. Нормы планировки и застройки»):

Таблица 2.

Категории улиц	Основное функциональное назначение
Магистральные улицы	
М — улицы непрерывного движения	Скоростные сообщения в г. Минске и крупных городах на интенсивных связях между удаленными районами, между городами и прилегающими к ним территориями (к аэропортам, зонам отдыха, пригородным поселениям и пр.); транспортные выходы городов на магистральные автомобильные дороги общего пользования

А — улицы общегородского значения	Связи основных районов города между собой, с общегородским центром и другими общегородскими функциональными зонами, а также между общественными центрами в г. Минске, крупных и больших городах, транспортные выходы городов на республиканские автомобильные дороги общего пользования
Б — улицы районного значения	Связи внутри крупных жилых и промышленных образований, смежных жилых и промышленных районов между собой, а также с общественными центрами; транспортные выходы городов на автомобильные дороги общего пользования
В — улицы средних и малых городов	Связи основных районов между собой и с центром города; обеспечение транспортных выходов городов на сеть автомобильных дорог общего пользования
Г — главные улицы поселков и сельских поселений	Связи жилых территорий с общественным центром и сетью автомобильных дорог общего пользования
Улицы местного значения	
Е — улицы производственных и коммунально-складских зон	Внутризональные и внутрипоселковые связи производственных территорий с выходом на автомобильные дороги общего пользования
Ж — основные жилые улицы	Основные внутрирайонные связи территорий жилой застройки с возможным выходом в районы прилегающей застройки
З — второстепенные жилые улицы и поселковые улицы	Внутрирайонные связи территорий жилой застройки
П — проезды	Подъезды к зданиям, сооружениям и другим объектам

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.

102. Гигиеническая оценка топографических, климатических, гидрологических и почвенных условий, эпидемиологической ситуации при планировке и застройке населенных мест.

Поселения необходимо проектировать как элементы единой системы расселения страны с учетом территориально-административного деления, социально-экономического и природного градостроительного районирования.

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.

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 фонового 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.).

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 загородные 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.

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.

Обязательным разделом районной планировки является организация санитарной очистки с учетом наиболее рациональных и эффективных методов обезвреживания 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.

103. Гигиенические требования к планировке населенных мест. Градообразующие факторы.

Поселения необходимо проектировать как элементы единой системы расселения страны с учетом территориально-административного деления, социально-экономического и природного градостроительного районирования.

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.

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.

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 народного 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, 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.

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. 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 водоёмов. 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.

В рекреационных зонах режим использования территории предусматривает развитие разных видов загородного отдыха и туризма, проведения лесонасаждений. Здесь должно быть ограничено городское строительство.

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.

Гигиеническая оценка этих предложений должна проводиться с учетом требований по ограничению роста больших городов и мегаполисов, развития небольших и средних, укрупнения сельских населенных пунктов.

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.

104. Гигиенические требования к организации и характеристика основных элементов селитебной территории.

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 со стоит 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. 2) по функциональному назначению и характеру использования делят на жилую, общественную, промышленную и ландшафтно-рекреационную (ТКП 45-3.01-116-2008 (02250) «ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ. Нормы планировки и застройки»).

Рис. 2. 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

Жилую и общественную территории используют для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, учреждений социального, культурного и бытового назначения, отдельных коммунальных и промышленных объектов. Их строительство допускается вблизи жилой застройки, 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 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.

Гигиенические требования к организации жилой территории и размещению предприятий, обслуживающих население.

Планирование жилой 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 жилой 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;
- *жилая территория* (жилой массив) — структурный элемент жилой 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 жилой территории (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.

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 жилой территории. При перестройке жилых кварталов следует учитывать историко-архитектурную и градостроительную ценность каждого здания.

Планировка организации жилой территории 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 жилой территории города и поселка должна отвечать экономическим требованиям и обеспечивать эффективное использование городской территории. Показателем эффективности использования жилой 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 устанавливаются в зависимости от этажности застройки и климатогеографических особенностей местности.

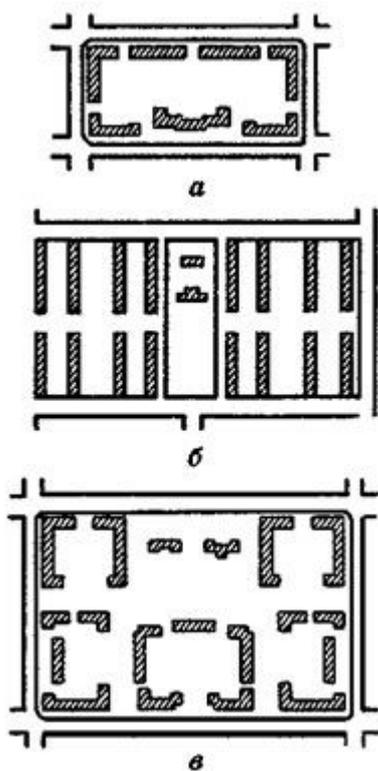
Плотность жилого фонда является одним из наиболее важных технико-экономических показателей оценки микрорайона. Она определяет количество жителей микрорайона, и дает возможность рассчитать потребность в учреждениях для обслуживания (количество мест в дошкольных учреждениях и школах, площадь зеленых насаждений, размеры хозяйственных и других площадок) в соответствии с нормативными документами.

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.

105. Гигиенические требования к планировке и застройке микрорайона. Типы застройки и их гигиеническое значение. Размещение учреждений и предприятий обслуживания населения на его территории.

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 авто транспорта;
- 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.



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 взаиморасположение. Различают *периметральную*, *строчную* и *групповую* застройку (рис. 3). В последнее время чаще применяют смешанную застройку. Для нее характерны сочетания разных приемов постановки зданий, их значительная длина и сложная конфигурация фасадов.

Рис. 3. Основные системы застройки жилого микрорайона (схема):

а — периметральная; *б* — строчная; *в* — групповая.

Улучшение микроклимата жилой застройки в микрорайоне основывается на учете закономерностей формирования микроклимата. 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.

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.

Гигиенические требования к размещению учреждений и предприятий обслуживания населения.

При планировке населенных мест и организации жилой 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;
- 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.

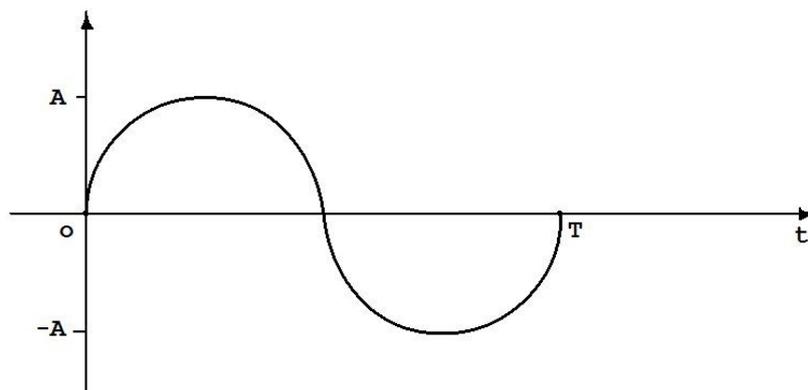
106. Физические и физиологические характеристики шума. Классификации шума.

Шум — общебиологический раздражитель, который в определенных условиях может оказывать неблагоприятное действие на все органы и системы организма человека. Воздействуя как стресс-фактор, шум вызывает изменения реактивности центральной нервной системы, расстройства регуляции функционального состояния сердечно-сосудистой, эндокринной и других систем.

Шум — совокупность звуков разной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у человека неприятные ощущения и объективные изменения органов и систем.

С акустической точки зрения шум — это механические волновые колебания частиц упругой среды (газа, жидкости или твердого тела), возникающие под воздействием какой-либо возмущающей силы. Колебания вибрирующего тела передаются ближайшим частицам среды, от них — все более отдаленным. Каждая частица при этом совершает колебания относительно равновесного состояния, в котором она находилась до возбуждения.

Простейшее колебание — это чистый тон, представляющий собой гармоническое колебание в виде



синусоиды (рис. 1).

Рис. 1. Гармоническое колебание

К характеристикам колебательного движения относятся: частота, период колебания, длина волны, амплитуда.

Частота (ν) — число колебаний в секунду. Измеряется в Герцах (Гц).

1 Гц — одно колебание за 1 с.

Период колебаний (T) — время, в течение которого совершается одно полное колебание. Причём между частотой и периодом колебания существует обратно пропорциональная зависимость:

$$T = 1/\nu$$

Длина волны (λ) — расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах.

Амплитуда колебания (A) — наибольшее отклонение колеблющейся частицы от точки устойчивого равновесия.

Колеблющееся тело в воздушной среде образует звуковые волны, которые распространяются с определённой скоростью.

Скорость звука (v) в воздухе составляет приблизительно 344 м/с при температуре 20°C. Связь между длиной волны (λ), скоростью (v) и периодом колебаний (T) выражается в виде формулы:

$$\lambda = v T.$$

Шумы содержат звуки различных частот, при этом зона слышимых звуковых колебаний находится в пределах от 16–20000 Гц. Акустические колебания с частотой менее 16 Гц называются инфразвуками, от 2·10⁴ до 10⁹ Гц — ультразвуками.

Весь диапазон слышимых человеческим ухом частот разбит на интервалы (октавы). За октаву принимается диапазон частот, у которых верхняя граница частоты вдвое больше нижней (45–90, 90–180 Гц и т. д.). В третьоктавной полосе частот отношение верхней граничной частоты к нижней равно 1,26 (800–1000, 1000–1250 Гц).

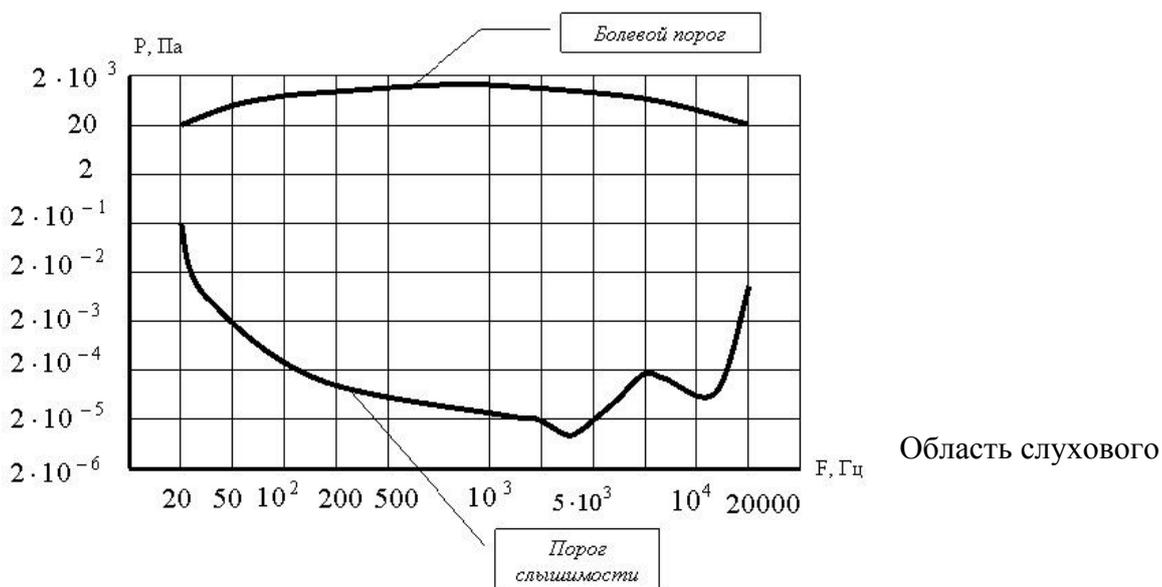
Для обозначения октавы обычно указывают не диапазон частот, а так называемые среднегеометрические частоты. Среднегеометрическая частота представляет корень квадратный из произведения граничных частот полосы (верхней и нижней). Так, для октавы 45–90 Гц среднегеометрическая частота 63 Гц, для октавы 90–180 Гц – 125 Гц. Весь слышимый диапазон частот (16–20 000 Гц) разбит на 9 октав со среднегеометрическими частотами: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Звуковые волны являются носителями звуковой энергии. Звуковая энергия, которая приходится на 1 м² площади поверхности, расположенной перпендикулярно распространяющимся звуковым волнам, называется силой или

интенсивностью звука (I). Единицей измерения интенсивности звуковых колебаний является Вт/м². Ухо человека воспринимает интенсивность звука от 10–12 Вт/м².

Распространяясь в среде, звуковая волна образует сгущения и разрежения, которые создают добавочные изменения давления по сравнению с атмосферным.

Звуковое давление (P) — переменное давление, возникающее дополнительно к атмосферному при распространении звуковой волны. Измеряется в Н/м², Па. Ухо человека воспринимает звуковое давление от 2·10⁻⁵–5 Н/м².



Характерной особенностью звукового давления и интенсивности звука является огромный диапазон, в пределах которого они могут изменяться. Минимальная энергия звуковых колебаний, способная вызвать ощущение слышимого звука, называется «порогом слышимости» (рис. 2) или «порогом восприятия». Абсолютная величина этого порога зависит от частоты колебаний. Для принятого в акустике стандартного тона частотой 1000 Гц порог слышимости по интенсивности звука составляет 10^{-12} Вт/м², по звуковому давлению — $2 \cdot 10^{-5}$ Н/м².

Порог болевого ощущения (верхняя граница слышимости) на частоте 1000 Гц наступает при интенсивности звука 10^2 Вт/м² и звуковом давлении $2 \cdot 10^2$ Н/м². Таким образом, диапазон воспринимаемого ухом человека звукового давления перекрывает динамический диапазон в районе 1:107, отношение интенсивностей составляет 1:1014.

Слуховой анализатор человека воспринимает указанный огромный диапазон интенсивностей звука и звукового давления в связи с его способностью различать не разность, а кратность изменения указанных величин, подчиняясь закону Вебера–Фехнера.

Закон Вебера–Фехнера — основной психофизический закон, который определяет связь между интенсивностью ощущения и силой раздражения, действующего на какой-либо орган чувств. Основан на наблюдении немецкого физиолога Э. Вебера, который установил (1830–34), что воспринимается не абсолютный, а относительный прирост силы раздражителя (света, звука и т. п.), т. е. существует логарифмическая зависимость между силой раздражителя и ощущением.

Поэтому для уменьшения диапазона измерений в акустике принята шкала децибел, которая учитывает приближенную логарифмическую зависимость между силой раздражителя и слуховым восприятием. В указанной измерительной системе пользуются не абсолютными величинами энергии или давления, а относительными, выражающими отношение величины интенсивности или звукового давления к пороговым для слуха. При построении этой шкалы в качестве стандартизованного исходного значения звукового давления принят порог слышимости (0 децибел соответствует звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5}$ Па, что приблизительно соответствует порогу слышимости тона с частотой 1000 Гц.).

Звуковое давление и уровень звука выражаются через уровень (L) в логарифмических единицах.

Уровень звукового давления — выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления в определенной полосе частот к стандартизованному исходному значению звукового давления. Измеряется в дБ (децибелах) и определяется по формуле:

$$L = 20 \lg p/p_0,$$

где L — уровень звукового давления (дБ); p — среднее квадратическое значение звукового давления в определенной полосе частот (Па); $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па — исходное значение звукового давления в воздухе.

Уровень звука — выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления, скорректированного по стандартизованной частотной характеристике «А», к стандартизованному исходному значению звукового давления. Измеряется в дБА (децибелах по частотной характеристике «А») и определяется по формуле:

$$L = 20 \lg p_A/p_0,$$

где L — уровень звука (дБА); p_A — среднее квадратическое значение звукового давления с учетом коррекции «А» (Па); $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па — исходное значение звукового давления в воздухе.

Шкала Ашумомера приблизительно соответствует частотной чувствительности уха человека.

Пользоваться логарифмической шкалой очень удобно, так как весь диапазон человеческого слуха укладывается в 140 дБ.

Уровень интенсивности и уровень звукового давления определяется по формулам:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{10^2}{10^{-12}} = 10 \lg 10^{14} = 10 \cdot 14 = 140 \text{ дБ};$$

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{\kappa p^2}{\kappa p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{ дБ};$$

$$L = 20 \lg \frac{p}{p_0} = 20 \lg \frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg 10^7 = 20 \cdot 7 = 140 \text{ дБ}.$$

Логарифмической шкалы уровней недостаточно для описания особенностей восприятия звука. Она определяет лишь физические

особенности звука, в то время как восприятие звуковых колебаний представляет весьма сложный процесс.

К физиологическим характеристикам слухового ощущения относятся высота, тембр и громкость звука, которые связаны с частотой, гармоническим спектром и интенсивностью, физическими объективными характеристиками звуковой волны.

Высота звука — это ощущение ухом частоты колебаний звуковой волны. Чем больше частота колебаний, тем более высоким воспринимается звук.

Тембр — это качественная характеристика слухового ощущения (окраска звука), обусловленная присутствием в гармоническом спектре звука дополнительных тонов (обертонов) к основному тону, придающих звуку особый оттенок.

Громкость звука представляет субъективное ощущение его интенсивности. Характеристика шума в дБ не даёт полного представления о его громкости, так как звуки, имеющие одну и ту же интенсивность, но разную частоту, на слух воспринимаются как неодинаково громкие. Единицами громкости являются фонны и сонны.

Классификация шума

1) В зависимости от вида источника различают шум:

- механический — возникает в результате движения отдельных деталей и узлов машин или механизмов с неуравновешенными массами (например, металлообрабатывающие станки).
- ударный — возникает при некоторых технологических процессах, сопровождающихся соударением отдельных частей (ковка, штамповка, клепка).
- аэродинамический — образуется при больших скоростях движения газообразных сред (шумы газовых струй ракетных и реактивных двигателей, компрессорные установки и др.).

2) По характеру спектра шум подразделяют на:

- широкополосный — шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы.
- тональный — шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие тона. Тональный характер шума устанавливается измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровней звукового давления в одной полосе над соседними не менее, чем на 10 дБ.

3) По временным характеристикам шума различают:

- постоянный — шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более, чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике измерительного прибора «медленно».
- непостоянный — шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более, чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора «медленно».

Непостоянный шум подразделяют на следующие виды:

- на колеблющийся — шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;
- прерывистый — шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более.
- на импульсный — шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с. При этом уровни звука, измеренные на стандартизованных временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются на 7 дБА и более.

4) По частному составу различают шум:

- низкочастотный — максимум уровня звукового давления приходится в области частот ниже 400 Гц.
- среднечастотный — максимум звукового давления на частотах от 400 до 1000 Гц.
- высокочастотный — максимум звукового давления в области частот выше 1000 Гц.

107. Источники шума в населенных пунктах: классификация и гигиеническая характеристика. Особенности влияния шума на организм человека.

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.

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. 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.

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, тяговое 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.

Биологическое действие шума

Большой вклад в изучение проблемы шума внесла профессор Е.Ц. Андреева-Галанина. Она показала, что шум является общебиологическим раздражителем и оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но, в первую очередь, действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных системах организма. Проявления шумового воздействия на организм человека могут быть условно подразделены на *специфические* изменения, наступающие в органе слуха, и *неспецифические*, возникающие в других органах и системах.

Экстраауральное влияние шума (неспецифическое действие). Представление о шумовой болезни сложилось в 1960-70 гг. на основании работ по влиянию шума на сердечно-сосудистую, нервную и другие системы организма. В настоящее время ее заменила концепция экстраауральных эффектов как *неспецифических* проявлений действия шума.

Рабочие, подвергающиеся воздействию шума, предъявляют жалобы на головные боли различной интенсивности, нередко с локализацией в области лба (чаще они возникают к концу работы и после нее), головокружение, связанное с переменой положения тела, зависящее от влияния шума на вестибулярный аппарат, снижение памяти, сонливость, повышенную утомляемость, эмоциональную неустойчивость, нарушение сна (прерывистый сон, бессонница, реже сонливость), боли в области сердца, снижение аппетита, повышенную потливость и др. Частота жалоб и степень их выраженности зависят от стажа работы, интенсивности шума и его характера.

Шум может нарушать функцию *сердечно-сосудистой системы*. Отмечены изменения в электрокардиограмме в виде укорочения интервала Q-T, удлинения интервала P-Q, увеличения длительности и деформации зубцов P и S, смещения интервала T-S, изменение вольтажа зубца T.

По данным эпидемиологического изучения распространенности основных сердечно-сосудистых заболеваний и некоторых факторов риска (избыточная масса, отягощенный анамнез и др.) у женщин,

работающих в условиях воздействия постоянного производственного шума в диапазоне от 90 до 110 дБА, показано, что шум, как отдельно взятый фактор (без учета общих факторов риска), может увеличивать частоту артериальной гипертонии (АГ) у женщин в возрасте до 39 лет (пристаче меньше 19 лет) лишь на 1,1%, а у женщин старше 40 лет - на 1,9%. Однако при сочетании шума хотя бы с одним из «общих» факторов риска можно ожидать учащения АГ уже на 15%.

Несмотря на то что шум оказывает влияние на организм в целом, основные изменения отмечаются со стороны органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, причем изменения *нервной системы* могут предшествовать нарушениям в органе слуха.

Шум является одним из наиболее сильных стрессорных производственных факторов. В результате воздействия шума высокой интенсивности одновременно возникают изменения как в *нейроэндокринной, так и в иммунной системах*. При этом происходит стимуляция передней доли гипофиза и увеличение секреции надпочечниками стероидных гормонов, а как следствие этого - развитие приобретенного (вторичного) иммунодефицита с инволюцией лимфоидных органов и значительными изменениями содержания и функционального состояния Т- и В-лимфоцитов в крови и костном мозге. Возникающие дефекты иммунной системы касаются, в основном, трех основных биологических эффектов:

1. • снижение антиинфекционного иммунитета;
2. • создание благоприятных условий для развития аутоиммунных и аллергических процессов;
3. • снижение противоопухолевого иммунитета.

Доказана зависимость между заболеваемостью и величиной потерь слуха на речевых частотах 500-2000 Гц, свидетельствующая о том, что одновременно со снижением слуха наступают изменения, способствующие снижению резистентности организма. При увеличении производственного шума на 10 дБА показатели общей заболеваемости работающих (как в случаях, так и в днях) возрастают в 1,2-1,3 раза.

Анализ динамики специфических и неспецифических нарушений с возрастанием стажа работы при шумовом воздействии на примере ткачей показал, что с увеличением стажа у ткачей формируется полиморфный симптомокомплекс, включающий патологические изменения органа слуха в сочетании с вегетососудистой дисфункцией. При этом темп прироста потерь слуха в 3,5 раза выше, чем прирост функциональных нарушений нервной системы. При стаже до 5 лет преобладают переходящие вегетососудистые нарушения, при стаже свыше 10 лет - потери слуха. Выявлена также взаимосвязь частоты вегетососудистой дисфункции и величины потери слуха, проявляющаяся в их росте при снижении слуха до 10дБ и в стабилизации при прогрессировании тугоухости.

Установлено, что в производствах с уровнями шума до 90-95 дБА вегетативно-сосудистые расстройства появляются раньше и преобладают над частотой кохлеарных невритов. Максимальное их развитие наблюдается при 10-летнем стаже работы в условиях шума. Только при уровнях шума, превышающих 95 дБА, к 15 годам работы в «шумной» профессии экстраауральные эффекты стабилизируются, и начинают преобладать явления тугоухости.

Сравнение частоты потерь слуха и нервно-сосудистых нарушений в зависимости от уровня шума показало, что темп роста потерь слуха почти в 3 раза выше темпа роста нервно-сосудистых нарушений (соответственно около 1,5 и 0,5% на 1 дБА), то есть с увеличением уровня шума на 1 дБА потери слуха будут возрастать на 1,5%, а нервно-сосудистые нарушения - на 0,5%. При уровнях 85 дБА и выше на каждый децибел шума нервно-сосудистые нарушения наступают на полгода раньше, чем при более низких уровнях.

При воздействии интенсивного шума 95 дБА и выше может иметь место нарушение витаминного, углеводного, белкового, холестерина и водно-солевого обменов.

На фоне происходящей интеллектуализации труда, роста удельного веса операторских профессий отмечается повышение значения шумов средних уровней (ниже 80 дБА). Указанные уровни не вызывают потерь слуха, но, как правило, оказывают мешающее, раздражающее и утомляющее действия, которые суммируются с таковым от напряженного труда и при возрастании стажа работы в профессии могут привести к развитию экстраауральных эффектов, проявляющихся в общесоматических нарушениях и заболеваниях. В связи с этим был обоснован биологический эквивалент действия на организм шума и нервно-напряженного труда, равный 10 дБА шума на одну категорию напряженности трудового процесса (Суворов Г.А. и др., 1981). Этот принцип положен в основу действующих санитарных норм по шуму, дифференцированных с учетом напряженности и тяжести трудового процесса.

В настоящее время большое внимание уделяется оценке профессиональных рисков нарушения здоровья работающих, в том числе обусловленных неблагоприятным воздействием производственного шума.

Ауральные эффекты (специфические изменения). Общеизвестно, что ведущим признаком неблагоприятного влияния шума на организм человека является медленно прогрессирующее понижение слуха по типу кохлеарного неврита (при этом, как правило, страдают оба уха в одинаковой степени).

Снижение слуха под влиянием достаточно интенсивных и длительно действующих шумов связано с дегенеративными изменениями как в волосковых клетках кортиева органа, так и в первом нейроне слухового пути - спиральном ганглии, а также в волокнах кохлеарного нерва. Однако единого мнения о патогенезе стойких и необратимых изменений в рецепторном отделе анализатора не существует.

Профессиональная тугоухость (нейросенсорная тугоухость) развивается обычно после более или менее длительного периода работы в шуме. Сроки ее возникновения зависят от интенсивности и частотно-временных параметров шума, длительности его воздействия и индивидуальной чувствительности органа слуха к шуму.

Клиническая картина профессиональной тугоухости

Больные в первую очередь предъявляют неспецифические жалобы:

1) со стороны нервной системы – на раздражительность, плаксивость, обидчивость, лабильность настроения, повышенную физическую и умственную утомляемость, нарушение сна, снижение памяти, внимания, невозможность сосредоточиться, головные боли к концу рабочего дня, головокружения, что укладывается в клиническую картину астенического, а затем астеновегетативного и астеноневротического синдромов;

2) со стороны сердечно-сосудистой системы – вначале на колющие, затем сжимающие боли в области сердца, лабильность пульса, АД, повышенную потливость, зябкость и ощущение холода (зябкость) рук и ног;

3) со стороны пищеварительной системы – на диспептические нарушения.

При объективном, лабораторном, функциональном и инструментальном исследованиях раньше по времени, чем нарушение слуха, обнаруживаются признаки поражения нервной, пищеварительной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем.

Изменяется функциональное состояние вестибулярного, зрительного и кожного анализаторов, снижается статическая выносливость мышц, появляются тремор пальцев вытянутых рук, неустойчивость в позе Ромберга, установочный горизонтальный нистагм, красный, быстрый, стойкий, разлитой рефлекторный дермографизм, гипестезии дистальных участков тела.

Угнетаются пиломоторный рефлекс, ответ на внутрикожное введение адреналина, снижается суточное содержание катехоламинов в моче, появляются функциональные сердечные шумы, замедляется внутрижелудочковая проводимость, повышается артериальное давление (кардиоваскулярный синдром).

Несколько позже появляются специфические жалобы: на шум, звон, писк в ушах, снижение слуха на оба уха, непостоянное головокружение, неустойчивую походку и др.

Жалобы больных с профессиональной нейросенсорной тугоухостью немногочисленны и однообразны: понижение слуха, реже – шум в ушах, иногда с рабочей асимметрией – поражение уха со стороны источника шума, например, у стоматологов слева. Иногда больные жалуются на головокружение, покачивание при ходьбе. Диагностируется профессиональная нейросенсорная тугоухость на основании результатов функционального исследования – аудиометрии, которому предшествует общеклиническое и эндоскопическое исследование уха и верхних дыхательных путей. Оно должно осуществляться оториноларингологом–профпатологом по методикам, изложенным в специальных руководствах. Как правило, оба уха страдают в одинаковой степени.

Отоскопическая картина при профессиональном снижении слуха каких-либо особенностей не имеет. Поражение органа слуха в результате воздействия шума проявляется вначале повышением порога слуха на частоте 4000 Гц. Это изменение в начальной стадии заболевания практически не отражается на слуховом восприятии речи, поэтому рабочие в указанной стадии не замечают имеющегося у них снижения слуха. Субъективное ощущение ухудшения слуха наступает по мере прогрессирования его снижения в области восприятия звуковых частот 500, 1000, 2000 Гц, которое обычно развивается медленно, постепенно, увеличиваясь со стажем работы в данной профессии. При аудиометрическом исследовании слуха отмечается дальнейшее повышение порогов слуха в области восприятия высоких частот (4000–8000 Гц), частот речевого диапазона (500, 1000 и 2000 Гц) со снижением слуховой чувствительности на более низких частотах (125, 250 Гц). Как костное, так и воздушное звукопроводение нарушается в одинаковой степени по всему диапазону звуковых частот. Общим для всех групп рабочих

«шумовых» профессий является относительно раннее снижение слуховой чувствительности в области восприятия высоких звуковых частот – 4000, 6000, 8000 Гц.

Классификация изменений слухового анализатора при профессиональной тугоухости

В последнее время в профпатологической и оториноларингологической практике выделяют:

- 1) начальные признаки воздействия шума на орган слуха (I и II степень тугоухости по В.Е. Остапкович и др.);
- 2) легкое снижение слуха – I степень (III степень тугоухости по В.Е. Остапкович и др.);
- 3) умеренное снижение слуха – II степень (IV степень тугоухости по В.Е. Остапкович и др.);
- 4) значительное снижение слуха – III степень (V степень тугоухости по В.Е. Остапкович и др.).

Примерный диагноз специфического шумового поражения: двусторонняя нейросенсорная тугоухость II степени. Заболевание профессиональное.

Степень I – признаки воздействия шума на орган слуха. Указанная форма может быть применена только к лицам, систематически работающим в условиях интенсивного производственного шума. Данное состояние слуха характеризуется повышением порогов слуха в области восприятия речевых частот до 10 дБ, на частоту 4000 Гц – до 50 дБ; восприятие шепотной речи до 5 м.

Степень II – нейросенсорная тугоухость с легкой степенью снижения слуха. Данная степень снижения слуха устанавливается при повышении порогов слуха в области восприятия речевых частот от 11 до 20 дБ, на 4000 Гц – до 60 дБ и снижении слуха на восприятие шепотной речи до 4 м.

Степень III – нейросенсорная тугоухость с умеренной степенью снижения слуха. Данная степень снижения слуха устанавливается у рабочих при повышении порогов слуха в области восприятия речевых частот от 21 до 30 дБ, на 4000 Гц – до 65 и снижении слуха на восприятие шепотной речи до 2 м.

Различают также: внезапную (развившуюся за 1 сут.), острую (за 1–2 нед.), подострую (за 3 нед.), хроническую (постепенно) тугоухость. При продолжении контакта с шумом течение профессиональной нейросенсорной тугоухости прогрессирующее.

С определенной долей условности к осложнениям шумовых воздействий можно отнести преходящие, хронические и острые цереброваскулярные нарушения, геморрагический или ишемический инсульт, дисциркуляторную энцефалопатию, эпилептиформные припадки, преходящие, хронические и острые кардиоваскулярные нарушения, инфаркт миокарда, гипер- и гипотоническую болезни, острые и хронические гастроэнтерологические нарушения, нарушения секреторной, моторной и эвакуаторной функции, эрозивные и язвенные дефекты.

Диагностика

В диагностике профессиональной нейросенсорной тугоухости используются:

I. Субъективные данные (характерные жалобы).

II. Данные объективного обследования.

III. Данные лабораторных, инструментальных и функциональных исследований:

- определение остроты слуха на разговорную речь;
- определение остроты слуха на шепотную речь;
- камертональные пробы (камертон С128) Вебера, Ринне, Швабаха для разграничения поражения звукопроводящей и звуковоспринимающей части слухового анализатора, опыт Федеричи:

- Опыт Вебера – при нормальном слухе звук передается одинаково в оба уха (при расположении ножки звучащего камертона на середине темени) или воспринимается в средней части головы. В случае одностороннего поражения звукопроводящей системы звук воспринимается пораженным ухом, а при одностороннем поражении звуковоспринимающего аппарата – здоровым.

- Опыт Ринне – проводится путем сравнения воздушной и костной проводимости. Результат опыта считается отрицательным, если длительность звучания камертона через кость больше (ножка звучащего камертона находится на сосцевидном отростке), чем через воздух (звучащий камертон держится у слухового прохода), и указывает на поражение звукопроводящей системы. Обратные результаты исследования считаются положительными и указывают на поражение звуковоспринимающего аппарата.

- Опыт Швабаха состоит в исследовании костной проводимости (при расположении ножки камертона на темени или сосцевидном отростке). Укорочение времени звучания камертона через костную ткань считается признаком поражения звуковоспринимающего аппарата, а удлинение этого времени расценивается как признак поражения звуковоспринимающей системы.

- пороговая и надпороговая тональная аудиометрия для определения остроты слуха на разные частоты от 200 до 8000 Гц;

- вегетативно-вестибулярные пробы (кресло и барабан Барани, спонтанный и рефлекторный нистагм и др.).

IV. Консультации узких специалистов (невролога, ангиолога, кардиолога, оториноларинголога, сурдолога, при необходимости – гастроэнтеролога, эндокринолога и др.).

V. Данные документов (для юридически обоснованной связи заболевания с профессией):

– копия трудовой книжки (профессия, стаж), санитарно–гигиеническая характеристика условий труда (с указанием фактического и ПДУ шума, продолжительности контакта с шумом в течение рабочей смены, регулярности использования коллективных и индивидуальных средств защиты), выписка из амбулаторной карты (учетная форма 025/У) с анализом заболеваемости и обращаемости к врачам различного профиля за длительный период (до поступления на работу, в период работы, после прекращения работы – если больной обследуется в профцентре через несколько лет после прекращения трудовой деятельности), выписка из карты профосмотров – результаты предварительного при поступлении на работу и периодических профилактических медицинских осмотров за весь период трудовой деятельности, особенно детально во время работы в данной профессии, направление в профцентр с указанием предварительного диагноза.

108. Принципы гигиенической оценки шума на объектах надзора.

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 натуральных исследований в естественных условиях влияния шума на различные возрастные и профессиональные группы населения. В результате многочисленных и разносторонних исследований были определены недействующие и пороговые уровни шума, которые легли в основу нормирования.

Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» регламентируют допустимые параметры шума для различных мест пребывания человека в зависимости от основных физиологических процессов, свойственных определенному виду деятельности человека в данных условиях.

Допустимый уровень (далее – ДУ) шума – такой уровень шума, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму;

Предельно допустимый уровень (далее – ПДУ) шума – уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всей трудовой деятельности, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека

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). Оценка постоянного шума на соответствие предельно допустимым уровням должна проводиться как по уровням звукового давления, так и по уровню звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие настоящим санитарным правилам.

Нормированными параметрами непостоянного шума являются эквивалентные по энергии (LA экв, дБА) и максимальные (LA макс, дБА) уровни звука. Оценка непостоянного шума на соответствие предельно допустимым уровням должна проводиться как по эквивалентному, так и по максимальному уровням звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие настоящим санитарным правилам.

- Эквивалентный (по энергии) уровень звука непостоянного шума — уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение заданного интервала времени.

- Максимальный уровень звука — уровень звука, соответствующий максимальному показанию измерительного прямопоказывающего прибора (шумомера).

Нормирование шума в подсобных помещениях квартир с кратковременным пребыванием людей (кухни, санузел, коридоры, холлы и другие) не производится.

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.

1. Для тонального и импульсного шума следует принимать поправку – 5 дБ (дБА) к значениям, указанным согласно приложению 2 к настоящим Санитарным правилам.
2. Эквивалентные по энергии и максимальные уровни звука в дБА для шума, создаваемого на селитебной территории автомобильным и железнодорожным транспортом в двух метрах от ограждающих конструкций первого эшелона шумозащитных жилых зданий, зданий гостиниц, общежитий, обращенных в сторону магистральных улиц общегородского и районного значения, железных дорог, допускается принимать на 10 дБА выше значений, указанных в пунктах 9 и 10 приложения 2 к настоящим Санитарным правилам. В данном случае ДУ шума для помещений жилых и общественных зданий остаются неизменными. При этом прилегающая территория не может быть использована для организации мест отдыха взрослого и детского населения.
3. При осуществлении государственного санитарного надзора для оценки проникающего шума, создаваемого транспортными средствами (включая рельсовый транспорт) в сложившейся застройке как внутри зданий, так и на прилегающей территории, следует принимать поправку +5 дБ (дБА) к ДУ проникающего шума, указанным согласно приложению 2 к настоящим Санитарным правилам. Эта поправка не принимается для проектируемых, вновь строящихся и реконструируемых объектов строительства в сложившейся застройке.
4. Уровни звукового давления в октавных полосах частот в дБ, уровни звука, эквивалентные по энергии, и максимальные уровни звука в дБА для курортных поселков, мест отдыха, туризма, зеленых зон города следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже тех, что указаны согласно приложению 2 к настоящим Санитарным правилам.
5. Уровни звукового давления в октавных полосах частот в дБ, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для шума, создаваемого в помещениях и на территориях, прилегающих к жилым и общественным зданиям, инженерно-технологическим оборудованием самого здания, предусмотренным проектом (системами вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления, лифтами и другим инженерно-технологическим оборудованием), тонального и импульсного шума иного оборудования, а также любого по характеру спектра уровня шума оборудования встроенных, встроенно-пристроенных, пристроенных объектов строительства следует принимать на 5 дБ (дБА) ниже тех, что указаны согласно приложению 2 к настоящим Санитарным правилам (поправку для тонального и импульсного шума в данном случае принимать не следует).

Нормы допустимых уровней шума вошли в строительные нормы и правила СНиП "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 требованиям. 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.

109. Система мероприятий по снижению коммунального 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); строительные-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. 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.

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, ванны, 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 и местных условий. 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, проникающей 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.

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/м². 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.

Для повышения звукоизоляции применяют также двойные двери с тамбуром. Притворы дверей снабжают упругими прокладками. Стены в тамбуре целесообразно 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 пропускания 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 ТКП "Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений" и СНиПом "Защита от 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 преимущественно 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, транс портных 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 (конференцзал, 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.

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. Сажая 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 (шумозащитного типа) дома с повышенной звукоизоляцией внешних ограждений всех помещений, выходящих на "шумный фасад". В таких шумозащищенных (шумозащитного типа) 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. На стадии разработки генерального плана города целесообразно составлять шумовую карту улично-дорожной сети и наибольших источников промышленного 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 $LA_{тер}$ в расчетной точке на территории объекта, который необходимо защитить от шума:

$$LA_{тер} = LA_{экр} - \Delta LA_{расст.} - \Delta LA_{экр.} - \Delta LA_{зел.}$$

где $LA_{экр}$ — шумовая характеристика источника шума (дБА); $\Delta LA_{расст.}$ — снижение уровня звука (дБА) в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой; $\Delta LA_{экр.}$ — снижение уровня звука экранами; $\Delta LA_{зел.}$ — снижение уровня звука полосами зеленых насаждений. При этом расчетный уровень ($LA_{тер}$) не должен превышать допустимый ($LA_{доп}$).

110. Санитарный надзор по защите от шума среды обитания человека.

Органы госсаннадзора осуществляют систематический планомерный контроль за обеспечением допустимых уровней шума в жилых и общественных зданиях, а также на

территории жилой застройки. 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 госсаннадзора; 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 госсаннадзора 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 госсаннадзора должны применить соответствующие санкции к виновным, а так же 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 требовать 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
- 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.

111. Электромагнитное излучение, характеристики, источники в населённых местах, общественных и жилых зданиях и сооружениях.

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.

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 103 Гц (длина волны 300 км), а с другой — частотой 1012 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 $мкВт/см^2$ ($1 Вт/м^2 = 0,1 мВт/см^2 = 100 мкВт/см^2$).

Между величиной поверхностной ППЭ и напряженностью электрического поля существует такая зависимость:

$ППЭ = E^2/3,77$, где E — напряженность поля ($В/м$).

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 104 до 103 м	Километровые волны (низкие частоты, НЧ)
6	От 300 до 3000 кГц	От 103 до 102 м	Гектометрические волны (средние частоты, СЧ)
7	От 3 до 30 МГц	От 102 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)

В табл. приведена номенклатура диапазонов частот (волн), для которых устанавливаются предельно допустимые уровни влияния электромагнитных полей. Диапазоны 1—4 практически не используются, поэтому они не приведены в табл.

Электромагнитные поля в диапазонах частот 5—8 оценивают по напряженности поля (E), а в диапазонах 9—11 — по поверхностной ППЭ. В диапазоне километровых, гектометровых 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.

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.

112. Источники электромагнитных излучений радиочастотного диапазона, принципы гигиенической оценки, биологическое действие.

Самыми мощными источниками электромагнитных излучений являются антенны.

Антенна (от латинского antenna – мачта, рей) – устройство, предназначенное для непосредственного излучения электромагнитных волн.

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 среднечастотного диапазона при напряженности 20—140 В/м, высокочастотного диапазона — 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.

К критическим системам организма, реагирующим на воздействие ЭМП, относят: нервную, сердечно-сосудистую, гемопоэтическую, иммунную, эндокринную и репродуктивную и орган зрения.

Нервная система. Считается, что нервная система ранее всех реагирует на воздействие ЭМП. У человека это проявляется изменениями функционального нарушения ее деятельности, проявляющееся, прежде всего в виде вегетативных дисфункций, формированием неврастенического и астенического синдрома. Лицо, длительное время находящееся в зоне действия ЭМП, предъявляет жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна и т.д.

Сердечно-сосудистая система при воздействии ЭМП страдает опосредованно через нарушение вегетативного отдела ЦНС. Нарушения со стороны этой системы проявляются, как правило, в форме нейроциркуляторной дистонии (лабильность пульса и артериального давления), склонность к развитию гипо- или гипертонии, болями в области сердца и др.

Гемопоэтическая система реагирует на воздействие ЭМП фазовыми изменениями картины периферической крови с первоначальной лабильностью показателей, в основном белого ростка (лейкоцитоз) с последующим развитием признаков угнетения костномозгового кроветворения (лейкопения, нейтропения, эритропения). В костном мозге можно отметить признаки реактивного компенсаторного нарушения регенерации.

Иммунная система. Достаточно чутко реагирует на воздействие ЭМП, что может проявиться в возникновении аутоиммунных реакций, в основе которых, как правило, лежит иммунодефицит по тимусзависимой клеточной популяции лимфоцитов. В итоге наблюдается эффект приобретенного иммунодефицита со всеми возможными последствиями такого состояния.

Эндокринная система отвечает на воздействие ЭМП развитием цепных нейрогуморальных реакций, в основе которых лежит влияние излучений на гипоталамическую область ЦНС, включение в процесс гипофиз-надпочечниковой системы. При этом, как правило, воздействие ЭМП вызывает стимуляцию гипо-физ-адреналовой системы, что сопровождается увеличением содержания адреналина в крови.

Репродуктивная система при воздействии ЭМП страдает вторично через нарушения регуляции со стороны нервной и эндокринной систем. ЭМП, воздействуя на эмбрион, могут вызывать уродства. В период беременности наиболее уязвимые периоды - это период имплантации и раннего органогенеза. Наличие контакта женщин с ЭМП может приводить к преждевременным родам, увеличению риска возникновения врожденных пороков развития плода.

На основании обобщения результатов экспериментальных исследований были разработаны ПДУ (в зависимости от частоты иди длины волны) электромагнитной энергии, которые легли в основу Санитарных правил и норм 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)».

113. Организация мероприятий по защите населения от воздействия электромагнитных лучей.

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 предельно-допустимого уровня.

При экспертизе проектных материалов органы госнадзора 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.

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 "радиотени" 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 расчетные уровни электромагнитного поля должны быть подтверждены результатами измерений интенсивности электромагнитного поля, которые проводятся аккредитованной лабораторией в соответствии с требованиями СанПиН и других ТНПА. Результаты измерений служат основанием для выдачи документа о введении объекта в эксплуатацию.

Специалисты госсаннадзора 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

