

# **ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ КОММУНАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ**

В двух частях  
Часть 1

Пермь  
2023

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пермский государственный медицинский университет  
имени академика Е.А. Вагнера»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

# **ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ КОММУНАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ**

*В двух частях*

## **Часть 1**

*Утверждено центральным координационным  
методическим советом ФГБОУ ВО ПГМУ  
им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России  
в качестве учебного пособия  
для студентов педиатрического факультета*

Пермь  
2023

Авторы-составители: *Кириченко Л.В., Рязанова Е.А., Хохрякова В.П., Селиванова С.А., Киреевко Л.Д., Мошенцова Л.П., Лир Д.Н., Лебедева А.Г., Киланова М.В.*

УДК 614.78(075.8)

ББК 51.21 я73

О-75

*Рецензенты:*

д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой гигиены и эпидемиологии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России ***И.Г. Зорина***;

д-р мед. наук, доцент, заместитель директора по организационно-методической работе ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» ***К.П. Лужецкий***.

О-75      Основные вопросы коммунальной гигиены : учеб. пособие : в 2 ч. / *Л.В. Кириченко, Е.А. Рязанова, В.П. Хохрякова* [и др.]. – Пермь: ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России, 2023.

ISBN 978-5-7812-0693-3

Часть 1. – 270 с. – ISBN 978-5-7812-0694-0

Посвящено санитарно-гигиеническому и эпидемиологическому значению воды в распространении заболеваний инфекционной и неинфекционной природы. Представлены методы санитарно-гигиенической оценки качества воды и его улучшения. Также учебное пособие содержит теоретический материал по гигиене почвы и источникам ее загрязнения, санитарной охране почвы, методике гигиенической оценки почвы населенных мест, тестовый контроль, материалы для самостоятельной работы.

Предназначено для самостоятельной работы студентов 3-го курса педиатрического факультета.

Печатается по решению центрального координационного методического совета ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России.

Протокол № 3 от 22.03.2023 г.

**УДК 614.78(075.8)**

**ББК 51.21 я73**

**ISBN 978-5-7812-0694-0 (Ч. 1)** © ФГБОУ ВО ПГМУ им. академика  
**ISBN 978-5-7812-0693-3 (общ.)** Е.А. Вагнера Минздрава России, 2023  
© Л.В. Кириченко, Е.А. Рязанова,  
В.П. Хохрякова и др., 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
Тема I. Гигиена питьевого водоснабжения .....	7
1.1. Гигиеническое, физиологическое и эпидемиологическое значение воды. Инфекционные и неинфекционные заболевания, обусловленные качеством питьевой воды.....	7
Тестовые задания .....	44
1.2. Источники водоснабжения. Зоны санитарной охраны водоисточников .....	46
Ситуационные задачи.....	65
Тестовые задания .....	73
1.3. Гигиеническая оценка качества питьевой воды. Современные методы улучшения качества питьевой воды .....	77
Ситуационные задачи.....	105
Тестовые задания .....	110
1.4. Охрана поверхностных вод от загрязнения .....	114
Ситуационные задачи .....	212
Тестовые задания .....	218

Тема II. Гигиена почвы.....	226
Санитарно-эпидемиологическое значение почвы.	
Санитарная очистка населенных мест .....	226
Ситуационные задачи .....	255
Тестовые задания .....	258
Эталоны ответов к тестовым заданиям.....	262
Приложение 1. Выкопировка из СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».....	264
Приложение 2. Выкопировка из СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» .....	269

## ВВЕДЕНИЕ

Экологические проблемы в настоящее время приобрели качественно новый характер. В результате технического прогресса расширились взаимосвязи между населением и окружающей средой, при этом здоровье населения становится важнейшим индикатором медико-экологического благополучия, критерием его оценки, а экологические процессы – ведущими детерминантами благополучия людей.

Воде и почве отводятся ведущие места среди факторов, оказывающих существенное влияние на популяционный уровень здоровья.

Вода представляет собой одну из наиболее важных для человека и других живых организмов Земли субстанций. Вся совокупность водяных запасов Земли объединяется понятием «гидросфера», которое включает в себя Мировой океан, подземные воды, реки, озера, болота, почвенную воду и атмосферный пар. Океаны, составляющие 94 % гидросферы, покрывают 71 % поверхности нашей планеты. Тот факт, что большая часть Земли покрыта водой, делает воду незаменимым компонентом всех биогеохимических процессов. Вода является компонентом всех живых тканей и участвует во всех биохимических и физиологических процессах. В организме человека на воду приходится до 70 % массы. В связи с этим количество и качество воды (наличие неорганических и органических примесей, микроорганизмов) оказывают важнейшее влияние на здоровье человека.

Еще одним компонентом окружающей среды, оказывающим влияние на жизнь и здоровье человека, является почва – верхний плодородный слой литосферы, образованный в ходе выветривания горных пород и жизнедеятельности организмов. Почва также неразрывно связана с деятельностью человека и других живых существ, ее структура и состав оказывают влияние на климат и здоровье человека.

## **ТЕМА I. ГИГИЕНА ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

### **1.1. Гигиеническое, физиологическое и эпидемиологическое значение воды. Инфекционные и неинфекционные заболевания, обусловленные качеством питьевой воды**

**Цель занятия:** дать студентам знания о влиянии качественного состава питьевой воды на возможность возникновения у населения инфекционных и неинфекционных заболеваний.

**План проведения занятия:**

Работа с нормативными документами, оценка практических навыков, тестовый контроль.

**Студент должен знать:**

- физиолого-гигиеническое значение воды;
- эпидемиологическое значение воды;
- роль водного фактора в распространении инфекционных заболеваний;
- понятия «эндемия», «биогеохимическая провинция»; особенности водных вспышек;
- неинфекционные заболевания, обусловленные качеством питьевой воды.

**Студент должен уметь:**

- выявлять причины возникновения инфекционных и неинфекционных заболеваний, связанных с водным фактором;
- проводить разъяснительную работу по предупреждению распространения заболеваний через воду.

***Студент должен владеть:***

– навыками работы с нормативной, нормативно-технической, законодательной и правовой документацией в пределах профессиональной деятельности;

– методикой сбора социально-гигиенической информации; информации о состоянии здоровья населения.

Изучение данной темы направлено на формирование у обучающихся ***компетенций***:

УК-1: способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий;

ОПК-2: способен проводить и осуществлять контроль эффективности мероприятий по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний у детей, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения;

ПК-7: способен организовывать, осуществлять и проводить оценку эффективности профилактической работы, в т.ч. санитарно-просветительной, с детьми различных возрастно-половых групп и их родителей;

ПК-9: способен организовывать и проводить противоэпидемические мероприятия.

***Контрольные вопросы:***

1. Физиологическое значение воды.
2. Гигиеническое значение воды.
3. Эпидемиологическое значение воды.
4. Особенности водных эпидемий.
5. Инфекционные заболевания, передающиеся через воду.
6. Заболевания, связанные с нестандартным солевым и микроэлементным составом воды.

7. Чем обусловлена жесткость воды? Каково ее влияние на организм человека?

8. Что такое эндемии? В результате чего развивается эндемический зоб?

9. При избытке каких химических соединений в воде развивается нитратная метгемоглобинемия?

### ***Задания для самостоятельной подготовки к занятию***

Каждый студент при подготовке к занятию должен проработать теоретический материал данной темы в соответствии с контрольными вопросами, ознакомиться со справочно-информационным материалом, решить тест.

### ***Справочно-информационный материал***

#### **Физиологическое и гигиеническое значение воды**

Вода принимает активное участие в физиологических процессах организма, входит в структуру органов и тканей организма, составляя основную часть массы тела.

Содержание воды в различных органах и тканях различно: кровь более чем на  $\frac{9}{10}$  – вода. Почки временами на 82 % состоят из воды, содержание воды в мышцах – до 75 %, в печени – до 70 %, кости содержат 28 % воды, даже зубная эмаль содержит 0,2 % воды.

Не менее значительна роль воды как растворителя питательных веществ. Процесс растворения пищевых ве-

ществ с помощью ферментов, всасывание питательных веществ через стенки пищеварительного канала и доставка их тканям осуществляется в водной среде. Вместе с солями вода принимает участие в поддержании величины осмотического давления – этой важнейшей константы организма. Вода является основой кислотно-щелочного равновесия.

Без воды невозможен водный и минеральный обмен в организме. За сутки в организме человека дополнительно образуется до 300–400 мл воды. Вода определяет объем и пластичность органов и тканей. Наиболее подвижным резервуаром ее является кожа и подкожная клетчатка. Обладая большой теплоемкостью и большой теплопроводимостью, вода способствует поддержанию постоянной температуры тела человека.

Физиологическая потребность в воде зависит от возраста, характера работы, пищи, профессии, климата и т.д. У здорового человека в условиях обычных температур и легкой физической нагрузки физиологическая потребность в воде составляет 2,5–3,0 литра в сутки. Однако в условиях жаркого климата и тяжелой физической нагрузки потребность в воде резко возрастает. Суточная потребность в воде при выполнении работы средней тяжести при температуре воздуха 30–32 °С увеличивается до 5–6 л, а при выполнении тяжелой физической нагрузки возрастает до 10–12 л. Лишение воды человек переносит труднее, чем пищи. Без воды человек может прожить только 8–10 дней. Дефицит воды в организме вызывает снижение работоспособности, потеря воды в количестве 10 % от массы тела приводит к нарушению обмена веществ, потеря 15–20 % смертельна при температуре воздуха 30 °С, а потеря 25 % абсолютно смертельна.

Гигиеническое значение воды велико. Она используется для поддержания в надлежащем санитарном состоянии тела человека, предметов обихода, жилища, оказывает благоприятное влияние на климатические условия, условия отдыха населения, на уровень культуры и быта.

Минеральные воды используются для бальнеологических целей, для лечения патологии различных органов и систем организма (пищеварительной, мочеполовой, сердечно-сосудистой, центральной нервной системы, системы кровообращения и др.). Вода широко используется в целях закаливания. Различают термическое воздействие воды на кожу (контрастное закаливание в русских, финских банях) механическое (массаж всей массой воды в душах, при купании) и химическое (при купании в море).

Вода улучшает микроклимат, смягчая действие крайних температур зимы и лета, способствует росту зеленых насаждений, имеет эстетическое значение в архитектурном оформлении городов.

**Водопотребление** – расходование воды, подаваемой для удовлетворения различных нужд населения, промышленности и т.д.

Различают две основные категории водопотребления:

1) хозяйственно-питьевое и коммунальное водопотребление, связанное с бытовыми нуждами населения (питье, приготовление пищи, содержание в чистоте жилищ и т.п.) и обеспечением благоустройства населенных мест (поливка улиц, зеленых насаждений и т.п.);

2) производственное или техническое – потребление воды для технологических целей промышленности, энергетики, транспорта (парообразование, охлаждение, промывка

продукции, гидравлический транспорт и т.п.), на противопожарные нужды и пр.

Количество воды, расходуемое для нужд населения, зависит в основном от степени санитарно-технического оборудования жилищ (наличия канализации, ванн, душей, систем газоснабжения и горячего водоснабжения). Показателем размеров водопотребления по этой категории служит удельный расход воды, т. е. количество воды, расходуемое в среднем в сутки на одного жителя. Измерения и анализ фактических удельных расходов в населенных местах дают основания для установления норм водопотребления – величин удельных расходов, которые рекомендуется принимать при проектировании новых или реконструкции существующих водопроводов (табл. 1). При водопользовании из водоразборных колонок норма среднесуточного водопотребления на одного жителя принимается за 30–50 л/сут.

Таблица 1

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления  
для населенных пунктов

<b>Благоустройство районов жилой застройки</b>	<b>Водопотребление на 1 жителя л/сут.</b>
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125–160
То же, с ваннами и местными водонагревателями	160–230
То же, с центральным горячим водоснабжением	250–350

В настоящее время питьевая вода – это не столько природный фактор, сколько продукт производства, в его получении участвует большое количество инженеров, химиков, биологов, врачей, рабочих. Природная вода становится пить-

евои лишь после многих технологических этапов – добычи, транспортировки, обработки до определенного, строго регламентированного органами санитарной службы качества и контроля за ним.

### **Значение воды в распространении инфекционных болезней и инвазий**

Давно выявлена связь между заболеваемостью населения и водным фактором. Исключительно большое значение имеет водный фактор в распространении острых кишечных инфекций и инвазий.

Употребление недоброкачественной питьевой воды может быть причиной:

- инфекционных и паразитарных заболеваний, связанных с загрязнением водоисточников хозяйственно-фекальными сточными водами;
- заболеваний неинфекционной природы, связанных с особенностями природного химического состава воды;
- заболеваний неинфекционной природы, связанных с загрязнением воды химическими веществами в результате промышленного, сельскохозяйственного, бытового видов хозяйственной деятельности человека или поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки на водопроводных станциях.

В табл. 2 представлена характеристика некоторых возбудителей инфекционных заболеваний, передаваемых с водой.

Таблица 2

**Характеристика важнейших возбудителей инфекций,  
передаваемых с водой**

<b>Возбудитель</b>	<b>Опасность для здоровья</b>	<b>Срок выживания в воде, сут.</b>	<b>Минимальная инфицирующая доза, клетки</b>	<b>Устойчивость к хлору</b>
<i>Бактерии</i>				
<i>Shigella</i> (4 вида)	Высокая	5–30	10	Низкая
<i>Salmonella typhi</i>	Высокая	80–100	10 000	Низкая
<i>Vibrio choleras</i>	Высокая	5–20	1000	Низкая
<i>Salmonella</i> (1700 типов)	Высокая	15–80	10 000–1 млн	Низкая
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Средняя	Может размножиться	> 10 000	Средняя
<i>Legionella pneumophila</i>	Высокая	200–360, может размножиться	> 10 000	Высокая
<i>Вирусы</i>				
<i>Enteroviruses</i> (71 тип)	Высокая	20–200	1–10	Средняя
<i>Rotaviruses</i>	Высокая	1–70	1–10	Средняя
<i>Простейшие</i>				
<i>Giardia lamblia</i>	Высокая	20–80	60–100	Высокая
<i>Entamoeba histolytica</i>	Высокая	30–60	20–50	Высокая
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Высокая	50–120	10–30	Высокая

Водный путь передачи характерен для многих инфекционных заболеваний, таких как *острые кишечные инфекции* (холера, брюшной тиф, паратифы А и В, дизентерия, энтериты, энтероколиты), *вирусные инфекции* (вирусные гепатиты А и Е, аденовирусные и энтеровирусные инфекции: эпидемический аденовирусный конъюнктивит, энтеровирусный полиомиелит, ротавирусный энтерит), *бактериальные*

зоонозные инфекции (туляремия, бруцеллез, туберкулез, лихорадка Ку, лептоспирозы), протозойные инфекции (заболевания, вызванные простейшими, характерными для жаркого климата: амёбная и бактериальная дизентерия, лямблиоз, балантидиаз), глистные инвазии (гео- и биогельминтозы: аскаридоз, трихуроз, трихоцефалез, дранункулез, анкилостомоз, шистосоматоз и др.).

Природные водные объекты не являются естественной средой обитания патогенных микроорганизмов. Патогенная микрофлора, как правило, отмирает в течение определенного времени. Однако некоторые патогенные микроорганизмы могут длительно сохраняться и даже размножаться в природной воде. Длительность выживания в воде патогенных микроорганизмов зависит от состава воды, наличия и концентрации биологического субстрата, от свойств микробных клеток (способность к спорообразованию, высокое содержание в бактериальной клетке липидов и др.), а также температуры воды, интенсивности инсоляции и др. (табл. 3).

Таблица 3

Сроки выживания (в днях) микроорганизмов в воде

Микро- организмы	Вода			
	Стерилизованная	Водопроводная	Колодезная	Речная
<i>Escherichia coli</i>	8–365	2–262	–	21–183
<i>Salmonella typhi</i>	6–365	2–93	1,5–107	4–183
<i>Salmonella paratyphi B</i>	39–167	27–97	–	–
<i>Shigella dysenteriae</i>	2–72	15–27	–	12–92
<i>Vibrio choleras</i>	3–392	4–28	1–92	0, 5–92
<i>Leptospira</i>	16	–	7–75	до 150
<i>Francisella tularensis</i>	3–15	до 92	12–60	7–91

Основным резервуаром патогенных микроорганизмов, кишечных вирусов и яиц гельминтов в окружающей среде являются фекалии и хозяйственно-бытовые сточные воды. Теплокровные животные (крупный рогатый скот, домашняя птица и дикие животные) также могут быть источником патогенной для человека микрофлоры.

Причиной загрязнения поверхностных водоемов могут явиться неочищенные канализационные сточные воды. Подземные источники загрязняются атмосферными и ливневыми водами, содержащим неправильно оборудованных выгребных ям, а также при разборе воды загрязненными ведрами.

Эпидемическая опасность воды, используемой для питья, зависит от наличия и количества возбудителя, длительности его выживания и сохранения им вирулентности. Сочетание этих условий определяет возможность распространения кишечных инфекций водным путем в виде эпидемических вспышек и поддержания высокого уровня инфекционной заболеваемости. Это относится к таким распространенным инфекциям, как брюшной тиф, дизентерия, а также холера, которая периодически получает возможность выхода далеко за пределы своего эндемического очага.

*Эпидемия* (от греч. – повальная болезнь) – категория интенсивности эпидемического процесса, характеризующаяся уровнем заболеваемости определенной инфекционной болезнью, значительно превышающим обычно регистрируемый на данной территории за аналогичный период времени.

Для *водных эпидемий* считается характерным внезапный подъем заболеваемости, сохранение высокого уровня в течение некоторого времени, ограничение эпидемической вспышки кругом лиц, пользующихся общим источником водоснабжения, и отсутствие заболеваний среди жителей

того же населенного места, но пользующихся другим источником водоснабжения.

Водная эпидемия отличается быстрым уменьшением числа пострадавших после проведения комплекса противоэпидемических мероприятий, однако затем в течение довольно длительного периода регистрируются отдельные контактные случаи заболеваний в виде так называемого «эпидемического хвоста».

Нередко наблюдаются хронически протекающие водные эпидемии, которые возникают в результате недостаточной защищенности водоисточников от загрязнения и постоянного, хотя и не интенсивного, заражения воды патогенными микроорганизмами.

По данным ВОЗ, 80 % всех инфекционных болезней в мире связаны с неудовлетворительным качеством воды, либо нарушением санитарно-гигиенических норм вследствие ее недостатка. Инфекционные заболевания водной этиологии регистрируются преимущественно в развивающихся странах с низким санитарным уровнем жизни. В настоящее время половина населения земного шара (около 2 млрд человек) лишена возможности потреблять в достаточном количестве чистую пресную воду. 61 % сельских жителей развивающихся стран не могут пользоваться безопасной в эпидемическом отношении водой, и лишь 13 % из них обеспечены канализацией.

Снижение заболеваемости населения кишечными инфекциями в большой степени связано с прогрессом в области водоснабжения населения. Правильно организованное водоснабжение не только обеспечивает высокий уровень санитарной культуры, но и весьма эффективно предупреждает распространение кишечных инфекций.

Эндемическим очагом холеры в настоящее время являются районы рек Ганга и Брахмапутры в Индии и Пакистане. За последние десятилетия значительно снизилась смертность от холеры, так как азиатская холера постепенно вытесняется холерой, вызываемой биотипом А, вибрионом Эль-Тор. Вибрион Эль-Тор вызывает менее тяжелые клинические формы заболевания, но дольше сохраняется в окружающей среде, что усиливает его эпидемическую опасность.

Распространение холеры в последние годы связано с несовершенной организацией водоснабжения, нарушениями правил международного карантина, усиленной миграцией людей, носительством холерного вибриона (здоровое носительство биотипа Эль-Тор – от 9,5 до 25 %), а также быстрой перевозкой загрязненных продуктов и воды водным и воздушным транспортом.

Водный путь распространения особенно характерен для брюшного тифа. Брюшнотифозная палочка сохраняется в проточной воде до 7–10 дней, в колодезной – до 1 мес. и более; во льду – до 2 мес. До устройства централизованного водоснабжения водные эпидемии брюшного тифа были обычными для городов Европы и Америки. Менее чем за 100 лет (с 1845 до 1933 г.) в Западной Европе зарегистрированы 124 водные вспышки брюшного тифа, причем 42 из них возникли в условиях централизованного водоснабжения (71 953 случая заболеваний), и 39 эпидемий (29 623 случая заболеваний).

Крупные водные эпидемии брюшного тифа имели место в Ростове-на-Дону в 1927 г. (в результате прорыва канализационных стоков в водопроводную сеть) и Краснодаре в 1928 г. Паратифозные водные эпидемии как самостоятель-

ные встречаются крайне редко и обычно сопровождают брюшнотифозные эпидемии.

Долгое время считалось, что дизентерия может распространяться исключительно алиментарным или контактным путями. Однако значительное число эпидемий дизентерии было зарегистрировано и в связи с употреблением питьевой воды низкого качества. Вспышки дизентерии являются следствием аварий водоочистных систем, загрязнения колодцев паводковыми водами, попадания сточных вод в водопроводную сеть.

Нередко предвестниками водных эпидемий брюшного тифа являются эпидемические вспышки колиэнтеритов среди детского и взрослого населения. Возбудителями их являются энтеропатогенные кишечные палочки.

К водным инфекциям следует отнести желтушный и безжелтушный лептоспирозы и туляремию. Желтушный лептоспироз (или иктерогеморрагический лептоспироз) встречается в различных странах мира, особенно в Восточной и Юго-Восточной Азии. Человек чаще заражается в результате купания в загрязненных водоемах, либо при контакте с загрязненной водой (в период летних полевых работ), хотя известны и водно-питьевые эпидемии лептоспирозов.

Носителями лептоспир являются грызуны (38,9 %), свиньи, собаки (26,6 %), крупный рогатый скот (2,3 %). Эпидемические вспышки приходятся на летне-осенний период, когда увеличивается контакт человека с загрязненной водой.

Водные вспышки туляремии возникают при заражении источников водоснабжения (колодцы, ручьи, реки) выделениями больных грызунов в период туляремийных эпизоотий. Чаще заболевание возникает среди сельскохозяйственных рабочих, употребляющих воду из загрязненных рек и небольших ручьев. Известны эпидемии туляремии и

при использовании водопроводной воды в результате нарушения режима ее очистки и обеззараживания.

Водный путь распространения характерен также для бруцеллеза, сибирской язвы, туберкулеза, дальневосточной скарлатиноподобной лихорадки и других антропозоонозных инфекций.

Вода, используемая для питья и купания, может служить путем распространения большинства вирусных инфекций (гепатит А, ротавирусная и энтеровирусная инфекции). Основным резервуаром кишечных вирусов в окружающей среде являются фекалии и зараженные ими хозяйственно-бытовые сточные воды.

Возможность передачи вирусов водным путем лучше всего демонстрируется на примере возбудителей вирусного гепатита А. Вирус гепатита А более устойчив к дезинфицирующим агентам, чем кишечная палочка, поэтому очистка (коагуляция, фильтрация) и обеззараживание воды не являются гарантиями ее эпидемиологического благополучия. В частности, многие вспышки были вызваны питьевой водой, которая подвергалась очистке и обеззараживанию, однако схема водоподготовки очистных сооружений, доза дезинфектантов не соответствовали существующим требованиям. Кроме того, многие вспышки, описанные в литературе, связаны с использованием для питья воды, загрязненной фекалиями вследствие нарушения целостности водопроводной сети. Наибольшее число вспышек гепатита А связано с нецентрализованным водоснабжением, когда население потребляет воду непосредственно из колодцев или открытых водоемов без очистки и обеззараживания.

Определенное значение имеет водный фактор и в передаче энтеровирусных инфекций, возбудителями которых

являются полиовирусы, вирусы Коксаки и ЕСНО. Водные вспышки полиомиелита обусловлены использованием для питья колодезной воды и воды открытых водоемов, интенсивно загрязненной неочищенными сточными водами.

С купанием в плавательных бассейнах связывают вспышки фарингоконъюнктивальной лихорадки, конъюнктивитов, ринитов.

Фекальное загрязнение воды является основным путем передачи амебиаза. Амеба была выделена из неочищенных и очищенных сточных вод, воды открытых водоемов. В чистой воде ее цисты сохраняют жизнеспособность до 153 дней. Степень носительства среди населения зависит от экономического уровня страны и является наибольшей в развивающихся странах Азии и Африки – 16–17 %.

В воде могут присутствовать цисты лямблий, носительство их широко распространено во всем мире и достигает в отдельных районах 20 %. Использование воды, содержащей цисты лямблий, может вызывать кишечные расстройства в виде затяжной перемежающейся диареи.

Определенную роль играет вода в распространении гельминтозов – аскаридоза, шистосомоза, дракункулеза и др.

*Шистосомоз* – заболевание, при котором в венозной системе обитают гельминты. Миграция этого кровяного сосальщика в печень и мочевого пузырь может вызвать тяжелые последствия. Заражение происходит на рисовых полях, при купании в мелких водоемах, реках, озерах, вода которых заражена личиночной стадией гельминта. Личинка проникает в организм человека через неповрежденную кожу.

*Дракункулез (ришта)* – гельминтоз, протекающий с поражением кожи, подкожной жировой клетчатки, выраженным аллергическим компонентом. Заражение происходит

при использовании воды, содержащей инфицированных рачков-циклопов. Заболевание распространено в Африке и Индии. Распространение заболевания в этих странах обусловлено особым способом забора воды из водоисточников, при котором человек вынужден босиком заходить в воду, а также ритуальными омовениями.

В развивающихся странах наблюдается ряд заболеваний, в передаче которых главную роль также играет загрязненная вода. *Онхоцеркоз (филяриатоз)* – гельминтоз, передающийся через укусы насекомых, являющихся переносчиками этой болезни и размножающихся в загрязненной речной воде. Заболевание распространено в основном в странах Африки, Южной и Центральной Америки.

### **Влияние химического состава питьевой воды на здоровье населения**

Вода, используемая в питьевых целях, не является химически чистым соединением. В ее состав входят сотни химических веществ в различных количествах. Так, в природных водах содержатся соединения хлора, серы, углерода, фосфора, азота, кальция, магния, калия, натрия, железа, алюминия, меди, кремния, йода, фтора и др.

Измененный минеральный состав природных вод может способствовать развитию специфических неинфекционных заболеваний, а также быть непосредственной причиной предпатологических состояний и специфических заболеваний. На солевой состав воды должны обращать пристальное внимание врачи профилактической и лечебной медицины (табл. 4).

Таблица 4

**Заболевания, вызываемые потреблением воды с токсическими веществами, превышающими ПДК**

<b>Вещество</b>	<b>Содержание в воде, ПДК</b>	<b>Болезнь</b>	<b>Клиническая картина</b>
<b>Свинец</b>	Подземные воды: 0,1–20 мкг/л Поверхностные: 0,3–5 мкг/л	Сатурнизм	Общая слабость, ухудшение аппетита, тремор конечностей, похудение, неприятный привкус во рту, свинцовая кайма на деснах, боль в животе, признаки анемии. Впоследствии парезы, параличи, нарушение гемопозза, энцефалопатия, хроническая гепато- и нефропатия, анорексия, «свинцовая колика». Существует корреляция с частотой умственной отсталости у детей, смертностью от рака почек и лейкемии
<b>Кадмий</b>	Природные воды: 0,05–1 мкг/л	Итай-итай	Обнаружена впервые в Японии (в г. Фуку, префектура Тояма), где рисовые поля орошались водой из реки Джинцу, в которую сбрасывали промышленные стоки, содержащие Cd. Зарегистрировано 3000 больных. Суточное поступление Cd в организм достигало 300 мкг и более. Cd – антагонист Ca, Se, Fe, Zn, Co. В патогенезе – дисфункция проксимальных отделов почечных канальцев вследствие отложения кадмия, что приводило к чрезмерной потере с мочой минеральных элементов костной ткани. Болезнь проявлялась сильной болью в ногах и пояснице вследствие остеомаляции и остеопороза, которые способствовали множественным переломам костей

Продолжение табл. 4

Вещество	Содержание в воде, ПДК	Болезнь	Клиническая картина
			(особенно плечевых, локтевых, тазовых, бедренных, ребер и т.п.) и возникновению деформаций скелета. Сопровождалась железодефицитной гипохромной анемией, канальцевой дисфункцией почек, нарушением функции поджелудочной железы и энтеропатией. Кадмию свойственны тератогенные, мутагенные и канцерогенные эффекты
<b>Мышьяк</b>	Подземные воды: 0,002–0,8 мг/л; Поверхностные: 0,003–10 мг/л		Случай массового отравления в Челябинской области в результате употребления для питья воды из законсервированной шахты, где добывали мышьяковую руду. Содержание мышьяка в воде достигало 3–6 мг/л. Наблюдаются тошнота, рвота, ухудшение аппетита, головная боль, гиперкератоз, дерматиты, выпадение волос, ломкость ногтей, неврит, паралич, ухудшение тактильной чувствительности, нарушение зрения, поражение печени. Повышается заболеваемость онкологическими болезнями
<b>Ртуть</b> (неорганические и органические соединения)	Природные воды: 0,001–0,1 мкг/л	Болезнь Минаматы (метилртуть)	Ртуть – протоплазматический яд, блокирует –SH-группы тиоловых энзимов, оказывает нейротоксическое, нефротоксическое, гепатотоксическое, гонадотоксическое, эмбриотоксическое и мутагенное действие, влияет на ре-продуктивную функцию и эндокринную систему. Болезнь Минаматы

Вещество	Содержание в воде, ПДК	Болезнь	Клиническая картина
			<p>впервые зарегистрирована в 1953–1956 гг. в Японии, у жителей залива Минамата. Концентрация ртути в воде залива составляла 80–660 мкг/л. Заболели 130 человек, из них – 22 младенца.</p> <p>В 1964–1965 гг. в префектуре Ниигата вдоль р. Агано заболели 180 человек, из которых 52 погибли.</p> <p>Общетоксическое действие проявляется поражением печени и почек, нейротоксическими и кардиотоксическими эффектами. Свойственно канцерогенное действие</p>

Поэтому основной медико-биологический вопрос, который стоит перед гигиенистами при оценке химического состава, это установление количественных критериев возможного влияния суммы ионов и отдельных элементов воды на человека и его здоровье.

**Железо.** Суточная потребность взрослого человека составляет 10–15 мг, детей до 6–12 мг. Оно входит в состав гемоглобина, в простетические группы ферментов, участвующих в тканевом дыхании – цитохромов, в состав хроматина клеточных ядер.

Количества железа более 1 мг/л в воде считается нежелательным из-за ухудшения физических свойств воды (появление мутности и желто-бурой окраски) и вяжущего привкуса. Однако исходя из его большой значимости для организма как биоэлемента наличие небольших количеств следует считать полезным. ПДК железа в воде 0,3 мг/л.

**Фтор.** Содержание фтора в природных водах колеблется от сотых долей до 5–12 мг/л. Повышенное количество фтора в воде встречается в местах залежей фторапатитов и в вулканических местностях.

Физиолого-гигиеническое значение фтора определяется его влиянием на формирование костного аппарата, в первую очередь, на ткани зубов; увеличивается их прочность, кислотоустойчивость и противодействие заболеванию кариесом. Антикариозное действие фтора связывают с его способностью внедряться в кристаллическую решетку молекул гидроксиапатита зубной эмали и образовывать более прочный и кислотоустойчивый фторапатит. Ион фтора также препятствует возрастному остеопорозу костей, в частности альвеолярных отростков, тормозит кальцификацию крупных сосудов, активизирует аденилатциклазную систему, а через нее – функцию гормонов, вместе с магнием снижает частоту возникновения ишемической болезни сердца. Считается, что избыточное количество фтора в воде (свыше 2–5 мг/л) также нежелательно и может приводить к развитию флюороза, который характеризуется очаговым разрушением эмали зубов, проявляющимся сначала в виде мелких матовых пятнышек с превращением в черные пятна с деструкцией эмали и всего зуба. Болезнь носит эндемический характер.

**Йод.** В природных пресных водах содержится в очень незначительных концентрациях – 3–9 мкг/л. Оптимальной концентрацией йода в воде является 20–25 мкг/л. При недостатке йода в воде (меньше 1 мкг/л) развивается эндемический зоб. Это связано с недостатком выработки гормона щитовидной железы – тироксина, что ведет к атрофии железистых клеток с последующим разрастанием стромы желе-

зы, из-за чего она увеличивается в объеме. Недостаточное образование тироксина обуславливает снижение окислительных процессов, накопление жира и воды в тканях и развитие слизистого отека кожи и подкожной клетчатки – микседемы. Возникновение болезни в раннем детском возрасте ведет к задержке роста и умственной отсталости, то есть к кретинизму. Для нормальной жизнедеятельности организма требуется 0,1–0,2 мг йода в день. Эндемичные по зобу местности чаще всего располагаются в глубине континентов, нередко имеют горный рельеф, обилие осадков и мало-минерализованную воду. На территории РФ к ним можно отнести Ленинградскую, Московскую, Костромскую области, районы Среднего Поволжья, Бурятию, Иркутскую область, Карелию и другие.

**Марганец.** Используется в производстве стали, резинотехнических изделий, синтетических пигментов, лаков и красок, в сухих гальванических элементах, в медицине. Марганец входит в активный центр и активизирует деятельность полисахаридных и ДНК-РНК-полимераз, пируваткарбоксилазы, фосфаттрансферазы, аргиназы и др. ферментов. При его недостатке появляется задержка развития костного аппарата из-за снижения синтеза хондроэтинсульфата, умственная отсталость, стерильность и др. расстройства. Возможно развитие так называемого «марганцевого рахита». В отличие от «стронциевого рахита» (возникает при избыточном поступлении в организм стронция и является D-резистентным заболеванием) излечивается применением витамина D. Поступает в организм от 1 до 22 мг/сут. из них с водой – 4–5 %, всасывается 3 %. В больших количествах изменяет окраску воды, придает ей вязущий привкус. ПДК марганца при выдаче воды потребителю 0,1 мг/л.

**Медь.** Входит в состав сплава латуни сантехнической арматуры и вследствие этого переходит в питьевую воду. Участвует в гемопоэзе, стимулируя созревание эритроцитов и способствуя переходу железа из неорганических молекул в железопарафины, стимулирует гормональную активность передней доли гипофиза. При дефиците меди возникает анемия, задержка роста, ахромотрихия, остеопороз, атаксия, альбинизм, слабоумие, потеря эластичности стенок крупных сосудов. При недостатке меди в крови белка, переносящего медь (церулоплазмина), развивается гепатолентикулярная дегенерация (болезнь Вильсона), при которой медь в виде сульфата откладывается во всех органах и тканях. Суточная потребность 2–2,5 мг. Токсичность меди невелика. Концентрация 15–20 мг/л в организме никаких изменений не вызывает, но в воде появляется неприятный металлический привкус. ПДК меди в воде 1 мг/л.

**Мышьяк.** Содержание мышьяка в большинстве природных вод крайне незначительно – около 0,5 мгк/л. Однако встречаются местности с аномально высокой концентрацией мышьяка. Например, на Тайване широко распространено заболевание эндартериитом, что связано с высоким содержанием мышьяка в почве и воде. Применяется в фармацевтической промышленности, микроэлектронной промышленности (производство полупроводников), в производстве и использовании биоцидов, пестицидов, гербицидов, средств защиты древесины и др. В организм человека поступает в основном с питьевой водой. Поступление с продуктами питания значительно меньше. Воздействие мышьяка зависит от степени валентности этого металла (трехвалентный мышьяк более токсичный, чем пятивалентный). Механизм действия мышьяка сводится к блокированию сульфгидрильных групп ферментов.

Связываясь с сульфгидрильными группами многих соединений, он нарушает процессы биоэнергетики на клеточном уровне. Это и обуславливает отрицательное действие мышьяка практически на все органы и системы организма. Хронические интоксикации мышьяком проявляются поражением кожи (экзема, гиперкератоз, меланоз, алопеция, кератомы), периферической нервной системы (сенсомоторная нейропатия с последующим развитием мышечной атрофии), центральной нервной системы (токсическая энцефалопатия), системы крови (апластическая анемия, миелогенная лейкопения), печени и почек. ПДК мышьяка в воде 0,05 мг/л.

**Селен.** Микроэлемент, обладающий высокой биологической и кумулятивной активностью, входит в состав глутатионпероксидазы, то есть входит в состав ферментной антиоксидантной защиты. Недостаток селена вызывает дистрофию мышц и печени, экссудативный диатез. При избытке селена обнаружено угнетающее действие его на тиоловые группы ферментов, снижение активности сукцинатдегидрогеназы, холинэстеразы, извращение фосфорного обмена, ухудшение проницаемости мембран клеток печени, нарушение экскреторной функции почек, подавление иммунологической реактивности организма. В России имеются биогеохимические селеновые провинции, например, на Южном Урале в Тувинском крае ПДК селена установлена на уровне 0,001 мг/л.

**Стронций.** При высоком содержании стронция в воде увеличивается активность щелочной фосфатазы, происходит задержка прорезывания зубов и застания родничка у детей. Значительное поступление в организм основного антагониста стронция – кальция – способствует выведению стронция и наоборот. Витамин D ускоряет всасывание стронция из

кишечника. Высокие концентрации стронция в крови приводят к развитию так называемого «стронциевого рахита», не излечивающегося ни витамином D, ни оптимальным соотношением в рационе кальция/фосфора.

С высокой концентрацией стронция и низкой концентрацией кальция в почве и воде связывают развитие эндемической «уровской болезни». ПДК стронция в потребляемой воде ограничено 7 мг/л.

**Кадмий.** Накопление кадмия связано с дегенеративными изменениями слизистой носа, глотки, разрушением обонятельного эпителия, тяжелыми поражениями почек. Впервые интоксикацию наблюдали в Японии в 1946 г. При отравлении (преимущественно у женщин) пищевыми продуктами, содержащими кадмий. Она сопровождалась тяжелой остеомалацией, остеопорозом и железодефицитной анемией (*болезнь итай-итай*), а также деформацией скелета вследствие нарушений обмена фосфата и витамина D<sub>3</sub>.

В питьевую воду кадмий поступает, как правило, в результате коррозии гальванизированных труб, из красителей и стабилизаторов полихлорвиниловых труб, а также вследствие загрязнения источников водоснабжения сточными водами предприятий сталелитейной промышленности и производства пластмасс. Кадмий растворим в кислых продуктах, например в уксусе и фруктовом соке. В питьевой водопроводной воде уровни содержания кадмия не превышают 1 мкг/л, однако в подземных водах иногда обнаруживается кадмий в концентрациях 10 мкг/л и выше.

Механизм токсического действия заключается в угнетении активности многих ферментов и в первую очередь ферментов, содержащих сульфгидрильные группы. Кадмий довольно хорошо всасывается из желудочно-кишечного

тракта. На всасывание влияет целый ряд факторов: химическая форма потребляемого кадмия, возраст и дефицит кальция, железа, цинка, белка.

**Ртуть.** Ртуть и ее соединения, в особенности органические, причисляют к опаснейшим, высокотоксичным веществам, аккумулирующимся в организме человека и длительно циркулирующим в биосфере. Наибольшее практическое значение в экологической патологии представляет локальное загрязнение ртутью, связанное с производственной деятельностью человека (сжигание топлива, электротехническая и целлюлозная промышленность). Ртуть и ее соли также используют при электролитическом получении хлора и гидроксида натрия, обогащении руд благородных металлов, в производстве термометров, красок и лаков, зеркал, флуоресцентных ламп, электрической аппаратуры, в качестве инсектицидов, в медицине.

Значительное количество ртути попадает в донные отложения, где она может сохраняться десятки лет. Здесь под воздействием микроорганизмов ртутные соединения постепенно превращаются в органические хорошо растворимые соединения (метилртуть), вторично загрязняющие воду и легко включающиеся в пищевые цепи. Гидробионты способны накапливать метилртуть в концентрациях, значительно превышающих ее содержание в воде и низшем звене трофической цепи. Широкую известность получила **болезнь Минамата** – отравление метилртутью, входящей в состав морепродуктов.

Впервые данное заболевание было зарегистрировано в Японии. Метилртуть вместе со сточными водами фирмы «Ниппон Чиссо» попадала в бухту, а затем по пищевым цепям в организм человека. Заболевание выражалось в нарушениях зрения, слуха, осязания, а также отклонениях пове-

дения человека. Болезнь поражала бедных рыбаков, которые ежедневно питались только рыбой. Всего было зарегистрировано 292 случая болезни, из которых 62 закончились смертельным исходом.

Ртуть, соединяясь с сульфгидрильными группами, угнетает клеточные ферментные системы, поэтому растворимые соли ртути токсичны для всех живых клеток. Высокие концентрации ртути, возникающие при ее выделении из организма, ведут к специфическому повреждению почечных клубочков и канальцев.

Длительное поступление в организм малых количеств ртути вызывает хроническую интоксикацию. У больного могут проявляться дерматит, стоматит, саливация, понос, анемия, лейкопения, гепатопатия, нефропатия, головная боль, боли и скованность в мышцах, тремор, психическое угнетение, галлюцинации. Для хронической интоксикации ртутью особенно характерно состояние, называемое «ртутным эретизмом». При этом наблюдаются разнообразные нарушения со стороны вегетативной нервной системы, психики и своеобразный тремор. Ртуть оказывает также гонадо- и эмбриотоксическое, тератогенное и мутагенное действие. ПДК для неорганических соединений ртути – 0,005 мг/л, органических – 0,0001 мг/л.

**Свинец.** Содержание свинца в природной воде невелико (~ 0,005 мг/л). Но с промышленными стоками в воду поступает значительное его количество. Он относится к кумулятивным ядам политропного действия. Период полувыведения свинца из организма составляет около 5 лет. Наиболее характерными являются изменения в ЦНС (полиневриты, энцефалопатии, церебральный атеросклероз), в крови (снижение гемоглобина, уменьшение числа эритро-

цитов, полихромазия, анизоцитоз), в желудочно-кишечном тракте (спастический хронический колит, свинцовая колика), в костной ткани (отложение свинца в виде трехосновного фосфата, развитие кариеса зубов), поражение почек (тубулоинтерстициальный нефрит, почечная недостаточность), снижение уровня тироксина, влияет на гормоны коры надпочечников, изменяет уровень витамина D, угнетает многие ферменты. Патогномоничный симптом хронического отравления свинцом – появление на деснах горизонтальной каймы серого цвета. Содержание свинца в воде не должно превышать 0,03 мг/л.

По данным эпидемиологических исследований, существует прямая корреляция между концентрацией свинца в питьевой воде (если она больше 0,8 мг/л) и частотой психической отсталости детей, а также смертностью от рака почек и всех видов лейкозиев. Существует два пути проникновения свинца в питьевую воду: через загрязнение свинцом почвы и через водопроводную сеть.

Основным источником загрязнения почвы свинцом являются выхлопные газы автомобилей. Попадая на поверхность почвы, свинец смывается дождевой или талой водой, впитывается в почву, достигает водоносных горизонтов, попадая в воду колодцев и систему централизованного водоснабжения. Особую опасность в этом плане представляют открытые водоемы, которые все чаще используются в качестве источников водоснабжения крупных городов.

Свинец также вымывается из водопроводных труб, которые содержат латунь. Латунь – сплав меди с цинком (до 50 %) с добавками других элементов (свинца, алюминия, олова, железа, никеля, марганца – в сумме до 10 %).

Основным путем поступления свинца в организм является пищеварительный тракт. Усвоение свинца стимулируется желчными кислотами и усиливается при полном или частичном голодании. Кальций, железо, магний, некрахмальные полисахариды (пищевые волокна), соединительнотканые белки (коллагены) уменьшают всасывание свинца.

Самые опасные проявления свинцовой интоксикации связаны с действием свинца на головной мозг и периферическую нервную систему. Свинец, как и другие тяжелые металлы, блокирует тканевые сульфгидрильные группы.

При хроническом отравлении свинцом обращают на себя внимание такие ранние симптомы, как потеря аппетита, похудание, запор, апатия или раздражительность, быстрая утомляемость, головная боль, металлический вкус в полости рта, серая кайма на деснах. Более выраженная интоксикация сопровождается периодической рвотой, нарушением координации, болями в конечностях, в суставах, расстройствами чувствительности, параличами мышц-разгибателей кисти и стопы, нарушением менструального цикла, абортами.

**Никель.** Применяется в металлургической промышленности в составе различных сплавов, специальных сортов стали, в машиностроительной – для покрытия металлических поверхностей, в производстве щелочных аккумуляторов и в других областях. Из солей никеля широко используется серноокислый никель, важное значение также имеет карбонил никеля.

Никель и его соединения обладают высокой токсичностью. В условиях длительного контакта с малым количеством никеля развивается хроническая интоксикация, кото-

рая характеризуется особым дерматитом – «никелевой экземой». У подвергавшихся воздействию карбонила никеля часто возникает рак легких.

**Хром.** Довольно широко используется в металлургической промышленности, химическом синтезе, машиностроении, при производстве керамических изделий.

Острые отравления возможны при попадании соединений хрома внутрь в желудочно-кишечный тракт. В организме человека хром накапливается в волосах и ногтях, в меньшей степени – в гипофизе, надпочечниках, поджелудочной железе, легких и крови.

После поступления хрома внутрь желудочно-кишечного тракта возникают боли в животе; рвота, головокружение, нестерпимая жажда, шок, анурия. При лабораторном исследовании у подвергшихся отравлению хромом находят протеинурию, гематурию, нарушение функций печени. Смерть наступает вследствие уремии.

**Цинк.** Содержится в выбросах производств электродов, химических источников тока, металлургических, металлообрабатывающих и машиностроительных предприятий.

Он входит в состав многих металлоэнзимов (карбамидраз и др.), в состав гормона поджелудочной железы. В значительном количестве цинк задерживается в тканях гипофиза, половых желез. В сперме его содержание достигает 22 мг%. Количество цинка в организме человека практически равно содержанию железа и в 5 раз больше меди. Он обладает липотропным и антихолестеринемическим действием, усиливает устойчивость к инфекциям, способствует усвоению белков, участвует в эритропоэзе (в эритроцитах содержится около 70 % цинка, определяемого в крови). При его недостатке возникает потеря обоняния, вкуса,

затрудняется имплантация зародыша, замедляется рост. При избытке цинка развивается анемия. Суточная потребность в цинке 10–15 мг. Употребление воды, содержащей до 30 мг/л цинка, никакого отрицательного действия на людей не оказывает. Токсическое действие наступает при концентрациях порядка сотен и даже тысяч мг/л. ПДК цинка в воде 5 мг/л.

**Алюминий.** В воде возможно содержание только малых количеств алюминия. При таких концентрациях трехвалентный ион алюминия вовсе не является особо токсичным. Однако попадание трехвалентного иона алюминия (так же, как и ионов ртути и свинца) в сеть водоснабжения городов с кислотными дождями приводит к более высоким уровням микроэлемента, которые уже становятся угрожающими.

Патология, вызванная аномальным накоплением алюминия, многообразна. Так, при алюминиевой диализной энцефалопатии у пациентов отмечается «диализное слабоумие», выражающееся тяжелым, но принципиально обратимым поражением центральной нервной системы с эпилептическими припадками, расстройствами высших психических функций. Увеличение алюминия в воде приводит к возрастанию смертности от болезни Альцгеймера. Есть данные о диуретических свойствах алюминия, его мутагенности и кумулятивных свойствах.

**Нитраты и нитриты.** Они могут накапливаться в сельскохозяйственной продукции выше предельно допустимых уровней при несоблюдении правил, регламентов и технологий использования различных средств химизации, в первую очередь азотных удобрений.

Поступление повышенных количеств нитратов в организм может привести к существенному нарушению здоровья, в первую очередь у лиц из крайних возрастных групп.

Всасывание нитратов происходит главным образом в желудке. В течение 8 часов с мочой выделяется до 90 % введенных нитратов. Нитраты сами по себе не обладают выраженной токсичностью, не являясь метгемоглобинообразователями. Однако при определенных условиях, зависящих от параметров хранения продуктов (блюд) и микрофлоры, в пищевых продуктах или пищеварительном канале (особенно при диспепсии у детей) часть нитратов восстанавливается в более токсичные нитриты с развитием *нитритной метгемоглобинемии*. Нитрозирующие свойства хорошо выражены у 50 % штаммов кишечной палочки, выделяемых из кишечника человека. Низкая кислотность желудочного сока у детей раннего грудного возраста или больных гипоацидным гастритом может способствовать накоплению нитратредуцирующей флоры. У грудных детей с неспецифической диареей рН желудочного сока равняется 5,6, при норме у взрослых – 2,7. Среднее содержание метгемоглобина в крови нормальной популяции людей – 2 %, при 8–10 % может отмечаться бессимптомный цианоз, при 30 % и более – симптомы острой гипоксии (одышка, тахикардия, коричнево-серый цианоз, гипотония, слабость, головная боль). Токсичность нитритов (нитратов) зависит как от дозы, так и от активности метгемоглобинредуктазы, восстанавливающей метгемоглобин.

Нитраты, как известно, могут довольно легко превращаться в нитриты. В то же время нитриты в дальнейшем соединяются с поступающими с пищей аминами и амидами. В результате образуются нитрозамины с выраженными канцерогенными свойствами. Этот процесс активно протекает при нормальной кислотности в желудке. Нитрозамины оказывают также токсическое действие на печень, а некоторые из них обладают мутагенными и тератогенными свойствами.

ми. Предельно допустимой концентрацией нитратов в воде является 45 мг/л.

**Хлор.** Широко используется для обеззараживания воды от бактерий, вирусов и других микроорганизмов. Его использование привело к тому, что такие болезни, как холера и тиф, легко распространяющиеся через зараженную воду, практически не встречаются в развитых странах.

Тем не менее, существует несколько проблем, которые касаются присутствия хлора в питьевой воде. Во-первых, это проблема качества воды. Присутствие в воде избыточного количества хлора придает ей неприятный вкус.

Во-вторых, это заболевания, которые может вызывать сам хлор. Показано, что у людей, которые пьют хлорированную воду, риск возникновения рака мочевого пузыря выше на 21 %, а прямой кишки – на 38 %, чем у тех, кто пьет воду с небольшим содержанием хлора.

В-третьих, образование хлорорганических соединений. Эти соединения образуются в питьевой воде под воздействием хлора, даже когда в ней имеются безвредные органические соединения, в том числе и летучие. Действие хлорорганических веществ также связывают с возможностью индуцировать онкологические заболевания.

**Ионы щелочных и щелочноземельных металлов.** Они представляют катионную основу солевого состава воды. Более половины катионов представлены натрием, затем следуют ионы кальция, магния, калия, рубидия, лития. Основное гигиеническое значение имеют ионы кальция и магния. Установлено, что кальций, начиная с 250 мг/л, магний – со 125 мг/л, вызывают изменение вкуса воды. Однако значение их этим не исчерпывается. Они являются эссенциальными

веществами, участвующими в обмене веществ. С водой может поступать до 20 % магния и до 30 % кальция.

**Жесткость воды.** Под жесткостью воды понимают главным образом способность воды отрицательно влиять на моющие средства мыла и образовывать накипь в котлах и кипятильниках. Различают временную, постоянную и общую жесткость.

Временная жесткость обусловлена ионами кальция и магния, находящимися в соединении с гидрокарбонатными анионами ( $\text{HCO}_3$ ). Временной она называется потому, что при кипячении воды происходит разрушение гидрокарбонатов с образованием карбонатов кальция и магния, выпадающих в осадок.

Постоянная жесткость обусловлена соединениями кальция и магния со всеми другими анионами, кроме гидрокарбонатного:  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  и т.д. Общая жесткость складывается из временной (устранимой) и постоянной. Общую жесткость воды выражают в единицах СИ – мг-экв/л.

Вода с общей жесткостью до 3,5 мг-экв/л считается мягкой, от 3,5 до 7 мг-экв/л – умеренно жесткой, от 7 до 10 мг-экв/л – жесткой и свыше 10 мг-экв/л – очень жесткой. Жесткость питьевой воды установлена 7 мг-экв/л.

Вода с общей жесткостью свыше 7 ммоль/л имеет неблагоприятные гигиенические свойства. В ней плохо образуется мыльная пена, поэтому такая вода мало пригодна для стирки и мытья. В жесткой воде хуже развариваются мясо, овощи и бобовые. Большой экономический ущерб связан с использованием в промышленности и тепловой энергетике воды с высокой устранимой жесткостью, так как в котлах и трубах при кипячении образуется

накипь в результате перехода бикарбонатов в нерастворимые карбонаты.

По данным ВОЗ, сообщения из ряда стран свидетельствуют о существовании обратной статистической корреляции между жесткостью питьевой воды и уровнем смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы. В зонах, обеспечиваемых мягкой питьевой водой, почти повсеместно более широко распространены атеросклероз, дегенеративные поражения сердца, гипертоническая болезнь или сочетания перечисленных заболеваний, а также чаще отмечаются случаи внезапной смерти от поражения сердечно-сосудистой системы.

В районах с низкой жесткостью (мало ионов магния) наблюдается рост числа заболеваний сердечно-сосудистой системы. Для объяснения выявленных закономерностей ученые выдвигают две гипотезы. Согласно первой, какие-то компоненты жесткой воды оказывают защитное действие на сердечно-сосудистую систему. Такие свойства предполагаются в первую очередь у магния. Однако присутствие и других элементов, например, лития, хрома, ванадия и кремния, тоже может играть защитную роль. Вторая гипотеза предполагает, что некоторые вещества, присутствующие в мягкой воде, стимулируют развитие болезни. В соответствии с этой гипотезой сердечно-сосудистые заболевания провоцируют свинец и кадмий, которые могут вымываться из водопроводных труб.

Выявлена взаимосвязь между мочекаменной болезнью и жесткостью питьевой воды. Вода с жесткостью 20 ммоль/л может привести к образованию камней в почках и мочевом пузыре. Мочекаменная болезнь сопровождается изменением минерального обмена в целом: нарушается содержание

в крови кальция, магния, стронция, калия, йода, хлора, железа и др.

Заболееваемость мочекаменной и слюнно-каменной болезнями выше в районах, где жесткость воды составляет 16–23 мг-экв/л (минимум – 6–7, средний – 7–16 мг-экв/л). При употреблении воды жесткостью выше 10 мг-экв/л, происходит усиление местного кровотока, изменяется процесс фильтрации и реабсорбции в почках. Это защитная реакция. В дальнейшем развивается мочекаменная болезнь.

**Сульфаты.** Представляют собой соединения аниона  $\text{SO}_4^{2-}$  с  $\text{Na}^+$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ . Гигиеническое значение сульфатов заключается, прежде всего, во влиянии на вкусовые свойства воды. При выдаче воды потребителю установлено содержание сульфатов не более 500 мг/л. В связи с тем, что влияние на органолептические свойства сульфатов и хлоридов складывается, сумма их концентраций, выраженная в долях от ПДК, не должна превышать единицу.

Высокоминерализованные воды с высоким содержанием сульфатов оказывают воздействие на желудок в виде значительного торможения секреторной деятельности начиная уже с концентрации 1000 мг/л, при более высокой концентрации оказывают послабляющее действие на кишечник.

Поступая с водой в организм в повышенных количествах, сульфаты, особенно в сочетании с ионами магния, подавляют желудочную секрецию, ухудшают всасывание кишечного содержимого и оказывают послабляющее действие, вызывая диарею у людей, впервые использующих для питья такую воду. С течением времени наступает адаптация и диспепсические явления прекращаются. Однако врачам необходимо быть предельно внимательными, чтобы правильно дифференцировать подобные расстрой-

ства с желудочно-кишечными заболеваниями инфекционной этиологии.

**Хлориды.** Эпидемиологические наблюдения показали, что употребление воды с содержанием хлорида натрия более 1000 мг/л увеличивает частоту гипертензивных состояний у населения вдвое.

Развитие гипертонической болезни в значительной мере обусловлено состоянием электролитного обмена. Повышенное употребление хлорида натрия способствует уменьшению диуреза, задержке в организме натрия и усилению выведения калия. Обследование населения в районах с различным содержанием хлоридов в питьевой воде показало, что сдвиги ряда биохимических критериев, а также показания артериального давления и реактивности сосудов дают основание считать длительное употребление высокоминерализованной хлоридно-натриевой воды одним из факторов риска по гипертензивным состояниям. При этом отмечено, что повышается в основном систолическое артериальное давление.

При выдаче воды потребителю нормативное содержание хлоридов – не более 350 мг/л.

**Общее количество растворенных в воде веществ.** Оно определяется путем выпаривания известного объема профильтрованной воды с последующим высушиванием остатка при 110 °С до постоянной массы. Гигиеническое значение плотного остатка заключается в том, что по его величине можно судить о суммарном количестве посторонних веществ в исследуемой воде и, прежде всего, о ее минерализации.

Природные воды делятся на пресные, содержащие не более 1 г/л солей, минерализованные, в которых солей от 1 до 50 г/л, и рассолы, где минерализация превышает 50 г/л.

В свою очередь минерализованные воды можно разделить на солоноватые (количество минеральных веществ от 1 до 2,5 г/л) и соленые (количество солей более 2,5 г/л).

Гигиеническим нормативом сухого остатка в питьевой воде, т.е. ее минерализации, является 1000 мг/л. Длительное использование для питья высокоминерализованных вод приводит к ряду изменений в организме. Так, у населения, постоянно потребляющего солоноватые подземные воды, содержащие хлоридно-сульфатно-натриевые соли, отмечается снижение диуреза, задержка воды в тканях, отеки, нарушение водно-электролитного баланса и секреторной деятельности желудочно-кишечного тракта.

Наиболее выраженные патологические изменения в организме проявляются при употреблении для питьевых целей морской воды, минерализация которой составляет от 10 г/л (Балтийское море) до 37 г/л (тропические широты мирового океана). Даже при кратковременном употреблении такой воды, имеющей повышенные концентрации хлоридов и сульфатов натрия, калия, кальция и магния, происходит прогрессирующее обезвоживание организма, нарушается кислотно-щелочное равновесие и повышается остаточный азот в крови, ухудшается сердечная деятельность. Все эти симптомы наблюдаются на фоне резкой жажды и утомляемости.

Повышенная минерализация и жесткость – это факторы, оказывающие неблагоприятное действие на специфические функции женского организма – менструальную и детородную, а также на течение беременности и родов, на плод и новорожденного.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

*Выберите один или несколько правильных ответов*

1. ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ФАКТОРОМ НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) этажность зданий
- 2) численность населения
- 3) климатический пояс
- 4) уровень благоустройства жилой застройки

2. К БИОГЕННЫМ ЭЛЕМЕНТАМ ОТНОСЯТСЯ

- 1) аммиак, нитраты и нитриты
- 2) нитраты, соединения фосфора, хлориды
- 3) соединения фосфора, азота, углерода, кремния и железа
- 4) соединения азота, углерода, хлориды

3. ВИРУСНОЕ ЗАБОЛЕВАНИЕ, РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЕСЯ ВОДНЫМ ПУТЕМ

- 1) полиомиелит
- 2) холера
- 3) брюшной тиф
- 4) туляремия

4. ПРИРОДНЫЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ ИГРАЮТ ВЕДУЩУЮ РОЛЬ В ВОЗНИКНОВЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

- 1) эндемических
- 2) эпидемических
- 3) пандемических
- 4) природно-очаговых

5. НАЗОВИТЕ ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ВОДЕ, КОТОРЫЕ СПОСОБНЫ ВЫЗВАТЬ МЕТГЕМОГЛОБИНЭМИЮ

- |            |             |
|------------|-------------|
| 1) хлориды | 3) сульфаты |
| 2) нитраты | 4) фториды  |

6. ФЛЮОРОЗ ВЫЗЫВАЕТ ИЗБЫТОК

- |          |            |
|----------|------------|
| 1) меди  | 3) мышьяка |
| 2) фтора | 4) йода    |

7. ЭНДЕМИЧЕСКИЙ ЗОБ РАЗВИВАЕТСЯ ПРИ НЕДОСТАТКЕ В ВОДЕ

- |          |            |
|----------|------------|
| 1) цинка | 3) мышьяка |
| 2) меди  | 4) йода    |

8. ЛЕТАЛЬНЫЙ ИСХОД НАСТУПАЕТ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОТЕРИ ВОДЫ В КОЛИЧЕСТВЕ

- |           |            |
|-----------|------------|
| 1) 3–5 %  | 3) 15–20 % |
| 2) 7–10 % | 4) 25–30 % |

9. ЖЕСТКОСТЬ ВОДЫ ОБУСЛОВЛИВАЕТ НАЛИЧИЕ СЛЕДУЮЩИХ ИОНОВ

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| 1) железо, хлор    | 3) натрий, кальций |
| 2) кальций, магний | 4) медь, магний    |

10. ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ ВОДЫ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ХЛОРИДОВ ПРОИСХОДИТ

- 1) снижение секреции желудка
- 2) снижение секреции кишечника

- 3) повышение моторики желудка и кишечника
- 4) угнетение выделительной функции почек

## 11. ЖЕСТКАЯ ВОДА МОЖЕТ

- 1) привести к обезвоживанию
- 2) повысить аппетит
- 3) снизить аппетит
- 4) повлиять на сердечно-сосудистую деятельность

### Список литературы

1. Гигиена и основы экологии человека: учебник / Ю.П. Пивоваров, В.В. Королик, Л.С. Зиневич. – М.: Академия, 2006. – 400 с.
2. Гигиена: учебник / под ред. Г.И. Румянцева. – М., 2008. – 608 с.

### 1.2. Источники водоснабжения.

#### Зоны санитарной охраны водисточников

**Цель занятия:** формирование и развитие у обучающихся по специальности «Педиатрия» способности и готовности к выбору источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения с использованием нормативных документов, определению границ поясов зон санитарной охраны.

**План проведения занятия:**

Работа с нормативными документами, оценка практических навыков, решение ситуационных задач и тестовый контроль.

**Студент должен знать:**

- классификацию источников питьевого водоснабжения;
- характеристику поверхностных источников водоснабжения;
- характеристику подземных источников водоснабжения;
- порядок выбора источника водоснабжения;
- классы водоисточников;
- зоны санитарной охраны поверхностных и подземных водоисточников.

***Студент должен уметь:***

- использовать нормативные документы для выбора источника водоснабжения;
- практически подходить к гигиеническому обоснованию выбора водоисточника;
- определять класс водоисточника;
- выявлять причины загрязнения поверхностных и подземных водоисточников;
- определять границы 1-го, 2-го и 3-го поясов ЗСО поверхностных и подземных водоисточников.

***Студент должен владеть:***

- навыками работы с нормативной, нормативно-технической, законодательной и правовой документацией в пределах профессиональной деятельности;
- методикой определения класса водоисточника;
- методикой определения границ ЗСО.

Изучение данной темы направлено на формирование у обучающихся **компетенций**:

УК-1: способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

ОПК-2: способность проводить и осуществлять контроль эффективности мероприятий по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний у детей, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения;

ПК-7: способность к организации, осуществлению и оценке эффективности профилактической работы, в т.ч. санитарно-просветительной, с детьми различных возрастно-половых групп и их родителями;

ПК-9: способность к организации и проведению противоэпидемических мероприятий.

***Контрольные вопросы:***

1. Классификация источников водоснабжения.
2. Гигиеническая характеристика грунтовых вод.
3. Гигиеническая характеристика подземных межпластовых вод.
4. Гигиеническая характеристика поверхностных вод.
5. Условия образования подземных вод.
6. Сравнительная гигиеническая характеристика источников водоснабжения.
7. Влияние антропогенных факторов загрязнения на качество подземных вод.
8. Влияние антропогенных факторов загрязнения на качество поверхностных вод.
9. Порядок выбора источника водоснабжения.
10. Сколько анализов должно быть представлено для оценки качества воды?
11. Сколько существует классов водоисточников, и какая организация их определяет?
12. Зоны санитарной охраны поверхностных водоисточников.

13. Зоны санитарной охраны подземных водоисточников.
14. Методы осветления и обесцвечивания питьевой воды.
15. Химические и физические методы обеззараживания воды.
16. Специальные методы водоподготовки.

### ***Задания для самостоятельной подготовки к занятию***

Каждый студент при подготовке к занятию должен проработать теоретический материал данной темы в соответствии с контрольными вопросами, ознакомиться со справочно-информационным материалом, решить тест и задачи.

### ***Справочно-информационный материал***

Источниками централизованных систем водоснабжения являются подземные и поверхностные воды и атмосферные осадки. К подземным водам относят: подрусловые, грунтовые, межпластовые, артезианские, карстовые, шахтные.

Шахтными называют подземные воды, проникающие в выработанное при добыче полезных ископаемых подземное пространство и проходящие через водоотлив шахты. Состав подземных вод определяется условиями их образования и залегания.

К поверхностным относят воды рек, озер, водохранилищ, прудов, каналов, морей. Их состав определяют почвенно-геологические условия; климатические, геоморфологические и антропогенные факторы.

К атмосферным водам относят осадки, выпадающие в виде дождя и снега, аккумулирующиеся в естественных или искусственных емкостях. Их состав определяется чистотой атмосферы; гидрогеологическими свойствами грунтов бассейна водосбора, способом их накопления и хранения; условиями, сопутствующими их выпадению.

Подземные воды обычно характеризуются постоянством состава и температуры, значительной минерализацией, отсутствием минеральных взвесей, низким содержанием органических веществ, присутствием растворенных газов, значительной жесткостью, повышенным содержанием железа и марганца, высокой санитарной надежностью.

Часто подземные воды имеют гидравлическую связь с поверхностными, что влечет за собой изменение их химического состава: повышается концентрация органических веществ, кремниевой кислоты; изменяется минерализация, появляется растворенный кислород. С возрастанием глубины залегания увеличивается степень минерализации воды. Подземные воды подразделяют:

**а) по степени минерализации:**

- пресные – до 1 г/л;
- солоноватые – 1–3 г/л;
- засоленные – 3–10 г/л;
- соленые – 10–50 г/л;

**б) по величине рН:**

- щелочные – 11–14;
- слабощелочные – 8–10;
- нейтральные – 7;
- слабокислые – 4–6;
- кислые – 1–3;

**в) по общей жесткости:**

- очень мягкие до 1,5;
- мягкие – 1,5–3;
- умеренно жесткие – 3–6;
- жесткие – 6–9;
- очень жесткие – свыше 9.

Пресные поверхностные воды отличаются значительными колебаниями их состава и температуры в течение года, что объясняется характером их питания (поверхностное и подземное). Они характеризуются наличием диспергированных минеральных, коллоидных и растворенных веществ. Существует следующая классификация поверхностных вод:

**а) по минерализации:**

- очень малой – до 100 мг/л;
- малой – 100–200 мг/л;
- средней – 200–500 мг/л;
- повышенной – 500–1000 мг/л;
- высокой – свыше 1000 мг/л;

**б) по наличию гумусовых (в т. ч. фульвокислот):**

- малоцветные – до 35 град.;
- средней цветности – 35–120 град.;
- высокой цветности – свыше 120 град.;

**в) по количеству взвешенных веществ:**

- маломутные – до 50 мг/л;
- средней мутности – 50–250 мг/л;
- мутные – 250–1500 мг/л;
- высокомутные – свыше 1500 мг/л;

**г) по степени бактериальной загрязненности (коли-индекс):**

- сильно загрязненные – свыше 10 000;
- загрязненные – более 1000;

- слабо загрязненные – свыше 100;
- удовлетворительные – более 10;
- хорошие – до 3.

Наблюдается определенная закономерность: воды рек Севера характеризуются малой или средней мутностью, высокой цветностью и малым солесодержанием, а реки Юга – высокой мутностью и минерализацией, бесцветностью. Воды поверхностных источников, как правило, имеют значительную бактериальную загрязненность.

Состав природных вод постоянно изменяется в результате протекающих в них процессов оксидации и восстановления, седиментации диспергированных и коллоидных примесей и солей, как следствие изменения давления и температуры; ионообмена между водой и донными отложениями; обогащения вод микроэлементами вследствие биохимических процессов; смешения вод различного питания. В поверхностных водотоках наблюдается самоочищение воды за счет физических, химических и биологических процессов, чему способствует аэрация, перемешивание, декантация взвесей, разбавление загрязнений в большой массе воды. Под действием простейших водных организмов, микробов-антагонистов, бактериофагов и антибиотиков биологического происхождения и под влиянием биохимических и оксидационных процессов погибают патогенные бактерии и вирусы.

Самоочищение воды, как правило, не обеспечивает необходимого ее качества для производственных и хозяйственно-питьевых целей. Поэтому практически всегда поверхностная вода нуждается в изменении ее свойств с их доведением до требований потребителя.

Хозяйственная деятельность человека существенно влияет на состояние водоисточников как в качественном, так

и в количественном отношении. Одним из ее факторов является смыв с сельскохозяйственных угодий химических удобрений и сброс в водоемы недостаточно очищенных сточных вод и вод тепловых и атомных электростанций. Вследствие этого интенсивно развиваются планктон и макрофиты, вызывающие зарастание водоемов, повышение цветности воды, возникновение привкусов и запахов, что ухудшает санитарное состояние водоисточников.

Таким образом, при выборе технологии водоподготовки необходимо определить качество воды источника, т.е. состав и концентрацию содержащихся в ней примесей, а затем сопоставить с предъявляемыми требованиями.

Основным критерием при выборе источников водоснабжения является их санитарная надежность (защищенность от загрязнений). В соответствии с этим критерием в первую очередь должны использоваться межпластовые напорные (артезианские) воды, как наиболее надежно защищенные с поверхности, только в случае их отсутствия или недостатка запасов рекомендуется переходить к другим источникам в порядке снижения их санитарной надежности: межпластовым безнапорным водам; грунтовыми водам, в том числе, искусственно наполняемым и подрусловым; поверхностным водоемам (реки, водохранилища, озера, каналы).

*Грунтовыми водами* называются подземные воды, скапливающиеся на первом от поверхности водоупорном слое. Они не защищены с поверхности, вследствие чего легко могут подвергаться разного рода загрязнениям, и отличаются разнообразием и непостоянством состава. В зависимости от наличия или отсутствия источников загрязнения санитарное состояние грунтовых вод может быть различ-

ным. Если грунтовые воды не загрязнены и степень их минерализации не превышает допустимых уровней, то они вполне пригодны для питьевого водоснабжения. При наличии же массивного загрязнения почвы населенного места и близком залегании грунтовых вод к поверхности велика опасность их массивного загрязнения и заражения.

**Межпластовые воды** залегают между двумя водупорными пластами, они изолированы от атмосферных осадков и поверхностных грунтовых вод водонепроницаемой кровлей, в силу чего обладают наибольшей санитарной надежностью. Как правило, имеют низкое бактериальное загрязнение и относительно постоянный химический состав. Недостатком их часто является высокое содержание и, в ряде случаев, повышенное содержание аммиака, сероводорода и ряда минеральных веществ – фтора, бора, брома, стронция и др. В зависимости от условий залегания межпластовые воды могут быть напорными и безнапорными.

Напорные межпластовые воды называются **артезианскими**. Они отличаются наибольшей глубиной залегания и наивысшей санитарной надежностью (табл. 5). Вследствие защищенности от загрязнения и постоянства состава при выборе водоисточника межпластовые подземные воды должны выбираться в первую очередь. В большинстве случаев межпластовые воды соответствуют нормативам качества питьевой воды и могут использоваться для питьевых целей без предварительной обработки. Добыча межпластовых вод осуществляется через буровые скважины.

Таблица 5

**Сравнительная санитарная характеристика источников  
хозяйственно-питьевого водоснабжения (по С.Н. Черкинскому)**

<b>Характерные особенности источников водоснабжения</b>	<b>Поверхностные источники</b>	<b>Подземные источники</b>	
		<b>грунтовые</b>	<b>межпластовые</b>
Доступность, географическая распространенность	широкая	широкая	ограниченная
Обильность (полезный дебит)	обычно весьма значительная	ограниченная	различная, часто ограниченная
Влияние социально-бытовых факторов	весьма значительное	значительное	весьма ограниченное
Влияние природных факторов (климатических, сезонных)	весьма значительное	значительное	ограниченное
Ухудшение органолептических свойств воды	частое	частое	ограниченное
Загрязнение химическими веществами	нередкое	редкое	весьма редкое
Микробное загрязнение (в том числе и патогенное)	весьма частое	редкое	весьма редкое
Постоянство качества воды	отсутствует	слабо выраженное	сильно выраженное

Однако из-за недостаточности запасов подземных вод в практике водоснабжения весьма часто используют *поверхностные водоисточники* (реки, водохранилища, озера, каналы), которые подвергаются загрязнению за счет спуска хозяйственных, фекальных и промышленных сточных вод, судоходства, лесосплава, массового купания и т.д. Отличиями качества поверхностных водоисточников является более низкий, по сравнению с подземными, уровень минера-

лизации, большее количество взвешенных веществ, высокая цветность и высокий уровень микробного загрязнения. Вода этих источников не отвечает тем высоким требованиям, которые предъявляются к питьевой воде, и поэтому перед подачей в водопроводную сеть её необходимо подвергать очистке и обеззараживанию.

При выборе источника водоснабжения важное значение имеет выяснение степени его загрязнения (табл. 6). Так, содержание органических веществ определяется по показателям окисляемости, биологической потребности воды в кислороде (БПК), показателям нитрификации, качества источников централизованного водоснабжения.

В источнике водоснабжения нормируется также предельное бактериологическое загрязнение, поскольку хорошие бактериологические показатели в обработанной воде при обычных способах водоподготовки могут быть получены только, когда бактериальное загрязнение воды до очистки и обеззараживания не превышает определенных пределов.

Концентрация химических веществ, которые могут попадать в воду в результате промышленного, сельскохозяйственного, бытового или иного загрязнения, не должна превышать установленных ПДК.

При обнаружении в воде источников водоснабжения химических веществ, относящихся к 1-му и 2-му классам опасности с одинаковым лимитирующим показателем вредности, сумма отношений концентраций каждого из веществ в воде к ПДК не должна быть более 1.

Расчет ведется по формуле:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \frac{C_4}{\text{ПДК}_4} \dots \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, C_3, C_4$  – обнаруженные концентрации, мг/л.

Таблица 6

## Показатели степени загрязненности воды

Наименование показателя	Показатели качества воды источника по классам		
	1-й класс	2-й класс	3-й класс
<i>Подземные воды</i>			
Мутность, мг/л, не более	1,5	1,5	10,0
Цветность, град., не более	20	20	50
Водородный показатель (рН)	6–9	6–9	6–9
Железо (Fe), мг/л, не более	0,3	10	20
Марганец (Mn), мг/л, не более	0,1	1	2
Сероводород (HS), мг/л, не более	Отсутствие	3	10
Фтор (F), мг/л, не более	1,5–0,7	1,5–0,7	5
Окисляемость перманганатная, мг/л, не более	2	5	15
Число бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в 1 л, не более	3	100	1000
<i>Поверхностные воды</i>			
Мутность, мг/л, не более	20	1500	10 000
Цветность, град., не более	35	120	200
Запах при 20 и 60 °С, баллы не более	2	3	4
Водородный показатель (рН)	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Железо (Fe), мг/л, не более	1	3	5
Марганец (Mn), мг/л, не более	0,1	1,0	2,0
Фитопланктон, мг/л, не более	1	5	50
Клостридии в 1см <sup>3</sup> , не более	1000	100 000	100 000
Окисляемость перманганатная, мг/л, не более	7	15	20
БПК, мг/л, не более	3	5	7
Число лактозоположительных кишечных палочек в 1 л воды (ЛКП), не более	1000	10 000	50 000

Помимо этого, водоисточник также должен соответствовать нормам радиационной безопасности.

По результатам всех выполненных анализов определяется пригодность выбранного водного объекта для исполь-

зования в качестве источника питьевого водоснабжения и определяется его класс.

В зависимости от качества воды водные объекты, пригодные для питьевого водоснабжения (поверхностные и подземные), делятся на 3 класса (табл. 7). Для каждого класса источников ГОСТом 2167-84 определены методы обработки, которые необходимо применять для доведения их воды до питьевого качества (в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»).

Помимо оценки качества воды источников водоснабжения учитываются следующие данные:

– характеристика санитарного состояния места размещения водозаборных сооружений и прилегающей территории (для подземных источников водоснабжения);

– характеристика санитарного состояния места водозабора и самого источника выше и ниже водозабора (для поверхностных источников водоснабжения);

– определение степени природной и санитарной надежности и прогноза санитарного состояния.

Таблица 7

#### Классы и методы обработки воды

Вид источника	Класс источника	Характеристика качества воды	Методы обработки
Подземные	1-й	соответствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21	обработка не требуется
	2-й	имеются отклонения по отдельным показателям	аэрирование, фильтрация, обеззараживание
	3-й	имеются существенные отклонения	аэрирование, отстаивание, фильтрация, использование реагентов и др.

Окончание табл. 7

Вид источника	Класс источника	Характеристика качества воды	Методы обработки
Поверхностные	1-й	слабое микробное и органическое загрязнение	фильтрование с коагуляцией или без нее, обеззараживание
	2-й	среднее загрязнение	коагулирование, отстаивание, фильтрование, обеззараживание
	3-й	сильное загрязнение, требующее дополнительных методов обработки	как и для 2-го класса с применением дополнительной степени осветления, сорбционных методов, более эффективных методов обеззараживания

Пригодность источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения и места водозабора устанавливают органы государственной санитарно-эпидемиологической службы министерства здравоохранения.

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.

Возможность создания ЗСО устанавливается путем расчетов ее границ, возможность выполнения мероприятий в пределах ЗСО оценивается с учетом существующей санитарной обстановки и наличия источников загрязнения в соответ-

ствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1110-02. Заключительный этап: 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 ЗСО и прогноза санитарного состояния источника делается гигиеническое заключение о пригодности конкретного подземного или поверхностного водоема в качестве источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Под **ЗСО источника питьевого водоснабжения** понимают специально выделенные территорию и акваторию, в которых устанавливаются специальные режимы хозяйственной и иной деятельности в целях охраны источника и водопроводных сооружений от загрязнения. Специальный режим хозяйственной деятельности в ЗСО поверхностных источников направлен на ограничение, а в ЗСО подземных – на исключение возможности загрязнения или снижения качества воды источника в месте водозабора или уменьшения их дебита. Вопросы организации и режима ЗСО регламентируются СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников централизованного водоснабжения и водопроводов питьевого водоснабжения». В соответствии с этим документом ЗСО источников питьевого водоснабжения устанавливаются в составе 3 поясов.

1-й пояс ЗСО (зона строгого режима). Территория 1-го пояса ЗСО поверхностного источника состоит из водной части, окружающей водозаборные сооружения, и береговой части, примыкающей к водной. На береговой части 1-го пояса размещаются головные сооружения водопровода в непосредственной близости к водозабору. Мини-

мальное удаление береговой границы 1-го пояса от уреза воды составляет 100 м. Для источников водоснабжения на проточных водных объектах ее границы должны составлять: вверх по течению не менее 200 м, вниз – не менее 100 м. Боковая граница, т.е. граница в направлении к противоположному от водозабора берегу, составляет не менее 100 м от линии уреза воды в меженный период. При ширине водотока менее 100 м в состав 1-го пояса включаются вся акватория и береговая полоса на противоположном берегу шириной 50 м, для непроточных водоемов – акватория радиусом не менее 100 м от водозабора.

Минимальные размеры 1-го пояса ЗСО подземного источника водоснабжения должны охватывать территорию, соответствующую наиболее крутой части воронки депрессии, где создаются реальные возможности для проникновения загрязненных вод с поверхности земли через дефекты в горных породах, связанные с бурением скважины. Территория на поверхности земли, соответствующая границе воронки депрессии, в наибольшей мере может создавать загрязнение подземных вод. Для безнапорных горизонтов – это территория радиусом 50 м, для межпластовых напорных – 30 м.

Территория 1-го пояса ЗСО должна быть ограждена, на нее не допускаются посторонние лица, там запрещается строительство любых объектов, не связанных с нуждами водопровода. При необходимости на территории 1-го пояса допустимо устройство выгребных уборных, оборудованных водонепроницаемыми выгребными. Территорию нужно содержать в чистоте, своевременно вывозить отходы. На территории и акватории 1-го пояса ЗСО поверхностных источников водоснабжения запрещаются рыбная ловля, купание, стирка белья, не допускается катание на лодках.

2-й пояс ЗСО (зона ограничения) и 3-й пояс ЗСО (зона наблюдения). Основной задачей 2-го и 3-го поясов ЗСО поверхностных источников является ограничение микробного и химического загрязнений в створе водозабора до степени, требуемой ГОСТ-ом 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», с учетом возможностей очистных сооружений данного водопровода. Поскольку в течение 1-х суток после сброса сточных вод концентрация бактерий повышается в результате раздробления комочков взвеси, общая длительность движения воды для практически полного отмирания исходной микрофлоры во втором климатическом районе летом должна быть не менее 3 суток. Зимой отмирание микрофлоры происходит медленнее, поэтому верхняя граница ЗСО поверхностного источника устанавливается на расстоянии, определяемом пробегом воды в первом и втором климатических районах в течение 5 суток, в третьем – в течение 3 суток. Граница 2-го пояса ЗСО проточного источника ниже по течению из-за возможности влияния так называемых нагонных ветров, приводящих к обратному течению воды, должна устанавливаться на расстоянии не менее 250 м от водозабора. Боковые границы 2-го пояса ЗСО поверхностного проточного источника определяются береговой полосой, ширина которой в зависимости от рельефа местности составляет от 500 до 1000 м. Боковые границы 3-го пояса ЗСО устанавливаются в пределах 3–5 км от уреза воды или по линии водораздела. На непроточных водоемах граница 2-го пояса ЗСО по акватории должна быть удалена во все стороны от водозабора на расстояние от 3 до 5 км в зависимости от местных гидрологических условий; 3-й пояс ЗСО по акватории непроточного источника не организуется.

Мероприятия во 2-м и 3-м поясах ЗСО поверхностного источника направлены на регулирование всех видов строительства и хозяйственной деятельности. Запретительные мероприятия должны быть направлены на недопущение на территории 2-го пояса ЗСО концентрированных очагов загрязнения почвы, атмосферного воздуха и воды, а также объектов, значительно нарушающих геологическую среду, изменяющих режим поверхностного и подземного стока, и на сокращение использования водного объекта населением для бытовых целей (стирка белья, мытье автомашин, водопой скота и т.п.). Нужно контролировать изменения технологических процессов на предприятиях, расположенных на территории зоны, поскольку возможны повышение опасности и увеличение количества сточных вод. Обязательному регулированию в акватории 2-го пояса ЗСО подлежит судоходство. Все суда, проходящие по акватории зоны, должны быть оборудованы сборниками фоновых и хозяйственно-бытовых вод с их выгрузкой на специальные береговые насосные станции. Для своевременного обнаружения снижения качества воды в источнике водоснабжения и обоснования требований по поддержанию должного санитарного состояния организация, эксплуатирующая водопровод, проводит систематическое наблюдение за акваторией и территорией 2-го и 3-го поясов ЗСО, а также динамические лабораторные анализы воды (мониторинг). Мероприятия, проводимые во 2-м и 3-м поясах ЗСО подземных источников питьевого водоснабжения должны обеспечить сохранение постоянства природного состава воды в водозаборе, которая, как правило, непосредственно, без обработки, используется для питьевых целей. Другими словами, задача заключается в защите эксплуати-

руемого горизонта в районе водозабора от поверхностных загрязнений. Поверхностные загрязнения могут проникать в водоносный горизонт через область питания горизонта, либо через нарушенные при бурении скважин геологические структуры, когда создается связь между выше- и нижерасположенными горизонтами. Особенно велика возможность загрязнения на территории, соответствующей радиусу воронки депрессии.

Таким образом, даже глубокие межпластовые воды на ограниченных участках не защищены от поверхностного загрязнения, что и определяет необходимость создания ЗСО. Для защиты подземных вод от микробного загрязнения служит 2-й пояс ЗСО, ограниченный контуром, от которого время движения подземного потока до водозабора (скважины) должно быть не меньше времени, за которое патогенные бактерии и вирусы теряют жизнеспособность и вирулентность. Граница 2-го пояса определяется гидродинамическими расчетами: допустимое время продвижения фронта микробного загрязнения для грунтовых вод и межпластовых безнапорных принимается в 400 суток. А для межпластовых напорных вод – в 200 суток. 3-й пояс ЗСО подземных источников водоснабжения защищает водозабор от химического загрязнения. Границу 3-го пояса ЗСО подземного источника определяют с помощью гидродинамических расчетов. При этом исходят из условия, что если за пределами ЗСО в водоносный горизонт поступают химические загрязнения, то они или не достигнут водозабора, перемешиваясь с подземными водами вне области захвата водозабора, или достигнут водозабора, но не ранее расчетного времени, определяемого принятой средней продолжительностью его технической эксплуатации (не менее 25 лет).

Мероприятия во 2-м и 3-м поясах ЗСО подземных источников водоснабжения направлены на защиту почвенного покрова и подлежащих грунтов от повреждения и загрязнения. На территории зон должны быть выявлены все бездействующие скважины, представляющие опасность как источники загрязнения водоносного горизонта. Они должны быть затампонированы или восстановлены. Сооружение новых скважин на территории ЗСО сопровождается изменением гидродинамических условий, лежащих в основе расчета территории зоны, и влечет за собой необходимость пересмотра утвержденных ранее и действующих границ зоны.

## СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

### *Задача № 1*

Для города, суточная потребность в воде которого составляет  $70\,000\text{ м}^3/\text{сут.}$ , предложено использовать в качестве источника водоснабжения реку К., расход которой составляет  $16,2\text{ м}^3/\text{с}$  в летнюю межень. Скорость течения –  $0,05\text{ м/с}$ .

Город расположен в 1В климатическом районе. Река протекает в основном по сельскохозяйственным и лесным районам; одно из наиболее крупных промышленных предприятий спускает очищенные сточные воды, содержащие диэтиламин. В приток реки в 25 км выше города спускает очищенные стоки сахарный завод. Из стойких пестицидов в прибрежных районах применяется главным образом гексахлоран. Район беден подземными водами. Представлены анализы проб воды, отобранных в месте предполагаемого

водозабора, свидетельствующие о том, что в течение последнего года качество воды в реке оставалось стабильным.

Данные анализа воды из реки К.

№ п/п	Показатели	Зимняя межень	Половодье	Летняя межень
1	Мутность, мг/л	20	1500	500
2	Цветность, град.	7,6	0	61
3	Запах, баллы	землистый, 2	землистый, 1	травянистый, 2
4	Запах после хлорирования	2	1	аптечный, 4
5	pH	7,6	7,2	7,9
6	Растворенный кислород	10,7	8,4	5,7
7	БПК-5, мг/л, O <sub>2</sub>	3,3	0,3	5,2
8	Окисляемость, мг/л, O <sub>2</sub>	5,5	12,2	9,9
9	Азот аммонийный, мг/л	0,72	1,75	0,08
10	Азот нитритов, мг/л	0,02	0,04	0,01
11	Азот нитратов, мг/л	1,8	0,01	0
12	Сухой остаток, мг/л	518	161	759
13	Жесткость общая, мг-экв/л	6,8	2,7	7,7
14	Хлориды, мг/л	296	6	39
15	Сульфаты, мг/л	108,6	17,2	98,3
16	Кальций, мг/л	118,7	41,8	106,8
17	Магний, мг/л	18	5,7	20,9
18	Фтор-ион, мг/л	0,15	0,04	0,27
19	Щелочность, мг-экв/л	3,4	0,9	3,2
20	Общее микробное число	367	210	16 700
21	Число ЛКП в 1 л	223	108	4250
22	Гексахлоран, мг/л	0	0	0,004
23	Диэтиламин, мг/л	0,1	0	0,23

### **Задание:**

1. Ответьте на вопрос, пригодна ли река К. как источник централизованного водоснабжения и какой обработке надо подвергнуть воду.

#### *Пример решения:*

Оценка пригодности реки К. как водоисточника производится на основе анализа данных:

- о водообильности источника;
- качестве воды;
- возможности организации ЗСО.

Водообильность реки К. в межень составляет  $16,2 \text{ м}^3/\text{с} = 16,2 \cdot 24 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с} = 1\,400\,000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ , что полностью покрывает потребность города в воде. Следовательно, по количеству воды данный источник пригоден.

Рассматривая представленные анализы качества воды, можно установить, что программа исследования воды достаточна и включает определение диэтиламина и гексахлорана, однако отобрано только 3 пробы воды, в то время как по ГОСТ 2761-84 следовало представить пробы за последние три года ежемесячно.

Рассматриваем органолептические показатели. Мутность воды довольно низкая зимой, но резко повышается в летнюю межень и особенно в половодье ( $1500 \text{ мг/л}$ ). Цветность воды в половодье и зимнюю межень невелика (меньше  $20^\circ$ ), но летом значительно превышает допустимые пределы.

Таким образом, зимой и весной воду надо только осветлять, а летом и осветлять, и обесцвечивать. Природные запахи и привкусы воды в допустимых пределах, но летом (при развитии водорослей) после хлорирования воды появляется весьма интенсивный «аптечный» запах, который будет пре-

пятствовать применению обычного обеззараживания воды по хлорпотребности. Сухой остаток, характеризующий общую минерализацию воды, за исключением половодья, достаточно стабильный и находится в допустимых пределах. Общая жесткость воды зимой и летом находится в пределах верхней границы средней жесткости; жесткость обусловлена преимущественно солями кальция, что расценивается благоприятно. Концентрации сульфатов и особенно хлоридов и нитратов во много раз меньше допустимых. Концентрация фтора мала, необходимо искусственно обогащать воду фтором.

Вода содержит токсические вещества: гексахлоран и диэтиламин, первый из которых нормируется по органолептическому, а второй – по токсикологическому признакам вредности. Поэтому ожидать эффекта суммации их действия оснований нет. Гексахлоран обнаруживается только летом и в количестве в 5 раз меньше ПДК (0,02 мг/л). Диэтиламин определяется зимой и летом, но также в концентрациях в 10–20 раз меньше ПДК. Конечно, по одному анализу в сезон нельзя сделать окончательный вывод о полной безвредности воды в этом отношении.

Показатели санитарного режима водоема и степени эпидемической безопасности воды свидетельствуют о том, что санитарный режим резко отличается в разные гидрологические сезоны года. Наиболее неблагоприятные условия имеют место в летнее время. В это время вода обильно загрязняется органическими веществами (большая окисляемость, БПК<sub>5</sub> больше 5), растет бактериальное загрязнение, в том числе кишечной палочкой. Но даже летом степень загрязнения воды кишечной палочкой не достигает пределов, которые делают хлорирование воды ненадежным. В зимнее и весеннее время в воде меньше органических веществ и

ниже фекальное загрязнение, однако, в эти сезоны года в воде много аммонийного азота, который будет связывать активный хлор при обеззараживании воды.

По анализам качества воды источник относится к 3-му классу в соответствии с ГОСТ 2761-84.

В целом можно прийти к выводу, что при осветлении, обезцвечивании и обеззараживании воды из реки К. в течение круглого года можно получить воду, соответствующую требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

При этом необходимо учесть следующее:

1) наиболее загрязненной и эпидемически опасной вода является летом, когда надо применять коагуляцию, отстаивание, фильтрование и обеззараживание воды хлором; из модификаций хлорирования в это время года с целью предупреждения «аптечного» запаха рекомендуется применить преаммонизацию с последующим хлорированием;

2) зимой и в половодье главной задачей обработки воды будет являться осветление и обеззараживание. Во время половодья при низкой щелочности воды может возникнуть необходимость в подщелачивании, высокое содержание аммиака, который будет связывать активный хлор, образуя менее бактерицидные хлорамины, возможно, потребует увеличения расхода хлора и удлинения контакта хлора с водой не менее чем до 1–2 часов, что следует учесть в проекте.

Для оценки возможности организации ЗСО сначала определяем границы в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110-02.

1-й пояс: верхняя граница от водозабора – 200 м; нижняя граница – 100 м; боковые границы – 100 м.

2-й пояс: верхняя граница от водозабора (для 1В климатического района) –  $0,05 \text{ м/с} \cdot 5 \text{ сут.} \cdot 24 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 60 \text{ с} = 21\,600 \text{ м} = 21,6 \text{ км}$ ; вниз по течению – 250 м; боковые границы – 500 м.

3-й пояс: верхняя и нижняя границы совпадают с границами 2-го пояса; боковые границы – 3 км.

Оценивая санитарную ситуацию, отмечаем тот факт, что сахарный завод располагается на расстоянии 25 км, т.е. не входит в границы ЗСО. Возможность для организации ЗСО имеется.

*Образец заключения:*

Река К., согласно ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», должна быть отнесена к водоемам 3 класса.

Водообильность источника обеспечит потребность населения города в воде. Река К. может быть рекомендована в качестве источника централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения при условии коагуляции, отстаивания, фильтрации и обеззараживания воды. Для получения заключения по водоисточнику необходимо предоставить анализы проб воды в соответствии с ГОСТ 2761-84 (не менее чем за 3 года по всем нормируемым показателям), а также полные данные по гидрологии реки, масштабный чертеж с указанием на нем границ зон санитарной охраны и санитарной ситуации в ее пределах (в настоящее время и на перспективу).

## ***Задача № 2***

Город П. расположен на реке С. Население его на расчетный период исчисляется в 50 тыс. человек; город канализован на 48 %.

Гидрогеологические изыскания обнаружили межпластовые артезианские воды; дебит опытно-изыскательской скважины, расположенной на расстоянии 500 м от города, составляет  $250 \text{ м}^3$  воды в сутки. Вода соответствует 1-му классу ГОСТ 2761-84.

Прилегающая к скважине территория занята индивидуальными огородами. Радиус влияния скважины 200 м.

Возможным источником водоснабжения является также река С. Она протекает по степной местности, прорезая несколько гряд холмов. Берега реки низменные, почва прилегающих угодий черноземная. В бассейне реки много промышленных предприятий и поселков. Среднегодовой расход реки –  $8 \text{ м}^3/\text{с}$ , в половодье –  $12 \text{ м}^3/\text{с}$ , в межень –  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Скорость течения –  $0,2 \text{ м/с}$ . При более глубоком обследовании бассейна на 40 км вверх по течению реки от города П. обнаружено, что берега реки изрезаны оврагами и балками, по которым текут небольшие ручьи и речки: большая из них, река Б., впадает в реку С. На расстоянии 25 км от места предполагаемого водозабора, бассейн питания ее около  $20 \text{ км}^2$ , расход –  $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ , скорость течения –  $0,02 \text{ м/с}$ . Расположенные на левом берегу населенные пункты К. и Л. Находятся вне бассейна питания реки С. На правом берегу в 8 км выше города П. находятся села Р. и Н., также питающиеся водой из реки С.

Вода реки С. в месте предполагаемого водозабора исследовалась зимой, весной и летом (в каждый сезон по 3 раза). Используя приведенные данные, а также прилагаемые результаты анализов воды реки С., необходимо дать заключение: а) о выборе источника водоснабжения для города П.; б) об организации зон санитарной охраны; в) о составе рекомендуемых очистных сооружений.

## Результаты анализов воды реки С.

Показатели качества воды	Дата отбора проб воды													
	15/I	22/II	10/III	12/IV	16/V	20/VI	18/VII	15/VIII	10/IX	12/X	10/XI	14/XII		
Температура (в град.)	0,1	0,1	0,7	10,6	13,0	15,0	23,6	17,0	11,0	4,2	0,6	0,1		
Запах при 20 °С (в бал.)	речной, 1	речной, 1	керасин., 2	нефт., 2	речной, 1	речной, 1	нефт., 2	речной, 1						
Запах при 60 °С (в бал.)	речной, 2	речной, 2	керасин., 3	нефт., 3	речной, 2	речной, 2	нефт., 2	речной, 2						
Цветность (в град.)	4,0	3,0	4,3	20,0	16,0	20,0	19,0	20,0	20,0	15,0	11,0	7,0		
Мутность (мг/л)	4,8	4,6	8,3	11,1	10,3	9,2	12,7	10,9	8,4	7,0	5,8	4,0		
pH	7,0	7,1	7,0	7,8	7,7	7,1	7,0	7,1	7,5	7,6	7,4	7,7		
Сухой остаток (мг/л)	136,0	142,2	154,8	132,8	125,0	137,2	125,0	148,0	128,0	133,4	142,0	123,0		
Сульфаты (мг/л)	22,4	24,0	28,6	31,2	24,8	26,5	28,4	28,9	22,1	19,8	20,2	21,8		
Хлориды (мг/л)	8,3	9,2	8,0	10,3	5,0	7,5	5,0	4,7	8,0	9,0	7,2	7,8		
Железо (мг/л)	0,21	0,16	0,23	0,17	0,19	0,22	0,26	0,16	0,13	0,20	0,22	0,15		
Марганец (мг/л)	0,05	0,02	0,04	0,03	0,02	0,05	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,03		
Окисляемость (мгО <sub>2</sub> /л)	2,0	2,87	4,16	6,84	5,8	6,48	5,32	3,9	2,49	2,1	1,8	1,92		
БПК <sub>5,0</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)	5,0	2,8	4,5	7,3	6,0	7,7	6,9	7,4	6,2	4,7	3,4	3,1		
Фитопланктон (мг/л)	0,03	0,02	0,05	0,1	0,8	1,02	1,11	2,18	0,82	0,67	0,12	0,01		
Аммоний солевой (мг/л)	0,8	0,92	1,2	0,34	0,85	1,1	0,26	0,96	0,35	0,42	0,27	0,49		
Нитриты (мг/л)	0,0034	0,003	0,004	0,0045	0,008	0,006	0,005	0,007	0,004	0,004	0,002	0,004		
Нитраты (мг/л)	1,19	1,25	1,53	0,81	0,68	0,8	0,34	0,56	0,42	0,48	0,2	0,58		
Индекс ЛКП	7000	5500	6800	12 000	14 500	11 000	8300	7200	6500	5800	6900	8000		
Фенолы (мг/л)	0,0001	-	0,002	0,002	0,001	0,0001	0,0008	0,0002	-	-	-	-		
Нефтепродукты (мг/л)	0,01	0,02	0,56	0,48	0,26	0,08	0,12	0,17	0,07	0,15	0,05	0,04		

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

*Выберите один правильный ответ*

1. ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВЫХ ВОДОПРОВОДОВ

- 1) атмосферные воды
- 2) открытые водоемы
- 3) межпластовые воды
- 4) грунтовые воды
- 5) верны 1, 2, 3
- 6) верны 2, 3
- 7) верны 3, 4

2. ИСТОЧНИК, КОТОРЫЙ СЛЕДУЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ ДЛЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 1) реки
- 2) грунтовые воды
- 3) артезианские воды
- 4) озера
- 5) водохранилища

3. ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ

- 1) более высокой прозрачностью и низкой цветностью по сравнению с открытыми водоемами
- 2) низким дебитом
- 3) постоянством химического состава
- 4) надежной защитой от поверхностных загрязнений
- 5) легкостью загрязнения при загрязнении почвы
- 6) верны 1, 2, 3
- 7) верны 2 и 5
- 8) верны 2 и 4

#### 4. МЕЖПЛАСТОВЫЕ ВОДЫ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ

- 1) высокой минерализацией
- 2) высокой окисляемостью и цветностью
- 3) постоянством химического состава
- 4) надежной защитой от поверхностных загрязнений
- 5) легкостью заражения при загрязнении почвы
- 6) верны 1, 3, 4
- 7) верны 1, 2, 3
- 8) верны 1, 2, 5

#### 5. ВОДЫ ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ

- 1) высокой минерализацией
- 2) высокой цветностью и окисляемостью
- 3) постоянством химического состава
- 4) эпидемиологической надежностью
- 5) легкостью загрязнения за счет поверхностного стока и спуска сточных вод
- 6) верны 1, 2, 3
- 7) верны 1 и 3
- 8) верны 2 и 5

#### 6. НАЗОВИТЕ ОДИН ИЗ ЭТАПОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 1) санитарно-гигиеническое
- 2) санитарно-химическое
- 3) санитарно-эпидемиологическое
- 4) санитарно-биологическое
- 5) санитарно-топографическое

7. НАЗОВИТЕ ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР И ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 1) степень надежности водоисточника в санитарно-гигиеническом отношении
- 2) химический состав воды водоисточника
- 3) ландшафтные условия
- 4) удобство транспортных путей
- 5) уровень солнечной радиации

8. НАЗОВИТЕ ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| 1) исследовательская зона | 4) зона ограничения |
| 2) зона строгого режима   | 5) верны 2 и 4      |
| 3) зона контроля          | 6) верны 2, 3, 4    |

9. ПЕРВЫЙ ПОЯС ЗСО ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ЗАЩИТЫ

- 1) акватории
- 2) места размещения очистных сооружений и водозабора
- 3) оголовка
- 4) от микробного и химического загрязнения
- 5) резервуаров чистой воды

10. ДОКУМЕНТ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЙ ВЫБОР ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 1) СанПиН 1.2.3685-21
- 2) СНиП «Водоснабжение, наружные сети и сооружения»
- 3) ГОСТ «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения»
- 4) СанПиН «Охрана поверхностных вод от загрязнения»

## Список литературы

1. Гигиена и основы экологии человека: учебник / *Ю.П. Пивоваров, В.В. Королик, Л.С. Зиневич.* – М.: Академия, 2006. – 400 с.
2. Гигиена: учебник / под ред. *Г.И. Румянцева.* – М., 2008. – 608 с.
3. Коммунальная гигиена: учебник / под ред. *В.Т. Мазеева.* – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 704 с.

### **1.3. Гигиеническая оценка качества питьевой воды. Современные методы улучшения качества питьевой воды**

**Цель занятия:** формирование и развитие у обучающихся способности и готовности к проведению санитарно-гигиенической оценки качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения и нецентрализованного водоснабжения с использованием нормативных документов, составлению схемы очистки в зависимости от исходного качества воды водоисточника.

#### ***План проведения занятия:***

Работа с нормативными документами, оценка практических навыков, решение ситуационных задач, тестовый контроль.

#### ***Студент должен знать:***

- гигиенические критерии оценки качества питьевой воды;
- методы осветления и обесцвечивания воды;
- химические методы обеззараживания воды;
- физические методы обеззараживания воды;
- специальные методы водоподготовки.

#### ***Студент должен уметь:***

- оценить качество питьевой воды централизованной и нецентрализованной систем водоснабжения;
- составлять схему очистки воды водоисточника в зависимости от его исходного качества.

#### ***Студент должен владеть:***

- навыками работы с нормативной, нормативно-технической, законодательной и правовой документацией в пределах профессиональной деятельности;

– методикой гигиенической оценки качества питьевой воды;

– методиками расчета доз коагулянта и хлора для обесцвечивания и обеззараживания воды.

Изучение данной темы направлено на формирование у обучающихся **компетенций**:

УК-1: способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

ОПК-2: способность проводить и осуществлять контроль эффективности мероприятий по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний у детей, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения;

ПК-7: способность к организации, осуществлению и оценке эффективности профилактической работы, в т.ч. санитарно-просветительной, с детьми различных возрастно-половых групп и их родителями;

ПК-9: способность к организации и проведению противоэпидемических мероприятий.

***Контрольные вопросы:***

1. Гигиенические критерии оценки качества питьевой воды.

2. Обоснование норм, обеспечивающих безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении.

3. Обоснование норм, обеспечивающих безвредность химического состава питьевой воды.

4. Обоснование норм, обеспечивающих благоприятные органолептические свойства питьевой воды.

5. Кратность отбора проб воды в источнике водоснабжения.

6. Кратность отбора проб воды после выпуска в водопроводную сеть.
7. Кратность отбора проб воды в водопроводной сети.
8. Методы осветления и обесцвечивания питьевой воды.
9. Химические и физические методы обеззараживания воды.
10. Специальные методы водоподготовки.

### ***Задания для самостоятельной подготовки к занятию***

Каждый студент при подготовке к занятию должен проработать теоретический материал данной темы в соответствии с контрольными вопросами, ознакомиться со справочно-информационным материалом, решить тест и задачи.

### ***Справочно-информационный материал***

Для исключения неблагоприятного влияния воды на здоровье населения разработаны гигиенические нормативы качества питьевой воды, которые отражены в Санитарно-эпидемиологических правилах и нормативах – СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

СанПиН 1.2.3685-21 основывается на следующих **принципах**:

1. Гигиенические критерии качества питьевой воды выражаются в виде требований. Вода питьевая должна быть:
  - безопасной в эпидемическом и радиационном отношении;

- безвредной по своему химическому составу;
- благоприятной по органолептическим показателям качества.

2. При нормировании качества питьевой воды устанавливают лишь пределы безвредности и безопасности, а не пределы оптимума. Другими словами, гигиенические нормативы состава питьевой воды относятся не к тем веществам, которые должны в ней присутствовать, а к веществам, присутствие которых в воде нежелательно и допустимо лишь в определенных пределах. Единой модели состава и свойств питьевой воды не существует в силу крайнего разнообразия источников водоснабжения. Химический, бактериальный состав и свойства природной воды зависят от геохимических условий, времени года, погодных условий, степени и характера антропогенного воздействия на источник водоснабжения и других факторов.

3. Принцип регионального подхода к регламентации качества питьевой воды. Его суть – принятие единых в масштабе страны гигиенических нормативов и выборе из них по единым правилам СанПиН 1.2.3685-21 индивидуальных для каждого конкретного водопровода совокупности контролируемых показателей, исходя из региональных, природных и антропогенных факторов, определяющих состав воды источника водоснабжения.

4. Приоритетность микробиологических критериев безопасности перед химическими. Химическое загрязнение питьевой воды может вызвать нарушение здоровья человека, однако популяционный риск химического загрязнения во много раз меньше микробиологического.

5. Регламентация органолептических показателей качества питьевой воды имеет своей целью не только обеспечение определенных потребительских свойств воды, но и обес-

печение нормального протекания физиологических функций человека, а также обеспечение эпидемиологической безопасности водоснабжения населения.

Оценка качества воды производится в трех основных случаях:

- при выборе источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и при дальнейшем их использовании;

- при выборе источников децентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (колодцев и т.д.);

- при санитарном надзоре за централизованными системами хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Источниками загрязнения воды в крупном промышленном городе являются вещества, выпадающие из атмосферного воздуха, попадающие в воду из почвы. Кроме того, значительное влияние на качество воды оказывает сброс загрязняющих веществ в водные объекты, предназначенные для водозабора.

Эпидемические показатели качества воды оцениваются путем микробиологического исследования наиболее значимых характеристик (табл. 8).

Общее микробное число (ОМЧ) – это число мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, способных образовывать на питательном агаре при температуре 37 °С в течение 24 часов колонии, видимые при двукратном увеличении. Результат выражают числом колониеобразующих единиц (КОЕ) в 1 мл исследуемой воды. В 1 мл питьевой воды должно быть не более 50 КОЕ. Увеличение количества микроорганизмов является признаком возможного вторичного загрязнения воды в водопроводе и ее эпидемической опасности.

Таблица 8

Санитарно-микробиологические и паразитологические показатели безопасности воды систем централизованного питьевого водоснабжения, в том числе горячего водоснабжения

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Общее микробное число (ОМЧ)	КОЕ/ см <sup>3</sup>	Не более 50
Обобщенные колиформные бактерии	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	Отсутствуют
<i>Escherichia coli</i> ( <i>E. Coli</i> )	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	Отсутствуют
Энтерококки	КОЕ/100 см <sup>3</sup>	Отсутствуют
Колифаги	БОЕ/100 см <sup>3</sup>	Отсутствуют
Цисты и ооцисты патогенных простейших, яйца и личинки гельминтов	Определение в 50 дм <sup>3</sup>	Отсутствуют
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 см <sup>3</sup>	Отсутствуют
<i>Дополнительные показатели</i>		
Возбудители кишечных инфекций бактериальной природы	Определение в 1 дм <sup>3</sup>	Отсутствуют
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Определение в 1 дм <sup>3</sup>	Отсутствуют
Возбудители кишечных инфекций вирусной природы	Определение в 10 дм <sup>3</sup>	Отсутствуют
<i>Legionella pneumophila</i>	КОЕ/1 дм <sup>3</sup>	Не более 100

Следующим микробиологическим показателем качества воды является содержание БГКП. При этом определяют общие колиформные бактерии (ОКБ) – граммотрицательные, не образующие спор палочки, ферментирующие лактозу до кислоты и газа при температуре 37 °С в течение 24–48 часов.

При обнаружении в пробе питьевой воды ОКБ и колифагов проводится их определение в повторно взятых в экстренном порядке пробах воды. В таких случаях для выявле-

ния причин загрязнения одновременно проводится определение хлоридов, азота аммонийного, нитратов и нитритов.

Если в повторно взятых пробах воды обнаружено ОКБ в количестве более 2 в 200 мл, то проводится исследование проб воды для определения патогенных бактерий кишечной группы и энтеровирусов. Эти исследования проводятся также по эпидемиологическим показаниям по решению центра Госсанэпиднадзора.

Выявление спор сульфитредуцирующих клостридий рекомендовано для оценки эффективности процессов очистки воды, так как они более устойчивы к действию неблагоприятных факторов окружающей среды. Обнаружение клостридий в воде перед поступлением ее в распределительную сеть указывает на недостаточную очистку. В норме споры сульфитредуцирующих бактерий должны отсутствовать в 20 мл исследуемой воды.

### **Показатели безвредности химического состава воды**

Вода в природных источниках представляет собой сложный комплекс кристаллогидратов, то есть частиц самых разнообразных по химическому и агрегатному строению соединений естественной и искусственной природы.

Поэтому при гигиенической оценке качества воды определяют те ее характеристики, которые прямо или косвенно влияют на состояние здоровья человека и ухудшают ее хозяйственно-бытовые свойства.

В связи с этим в природной воде выделяют 4 группы химических соединений, подлежащих исследованию.

К первой группе относят показатели возможного загрязнения воды патогенными микроорганизмами (азотсодержащие соединения, все органические вещества, окисляемые кислородом, а также хлориды, фосфаты, растворенный кислород, биохимическая потребность воды в кислороде (БПК), сероводород и показатель активной реакции воды (рН)).

Ко второй – вещества, имеющие биологическое значение (микроэлементы: фтор, йод, марганец, медь, цинк и кремний).

К третьей – вещества, в значительных концентрациях оказывающие токсическое действие на организм (вещества природного происхождения: бериллий, молибден, мышьяк, нитраты, свинец, селен, стронций и фтор, природные радиоактивные вещества, а также продукты производственной и бытовой деятельности людей, попадающие в воду в результате неправильного обращения с ними: алюминий, молибден, серебро, ртуть, мышьяк, фенол, бензпирен, галогенпроизводные органических соединений, нефть и нефтепродукты и т.д.).

К четвертой – индифферентные и даже полезные соединения (сульфаты, карбонаты, хлориды, свободная углекислота, ионы кальция, магния, натрия, калия, взвеси кремния и окиси алюминия, гумусовые вещества).

### **Показатели, обеспечивающие благоприятные органолептические свойства воды**

Органолептические показатели воды являются важными критериями санитарной оценки ее качества. К ним относят температуру, кислотность, запах, привкус, мут-

ность и цветность воды. Они могут существенно изменяться, превышая по различным причинам рекомендуемые нормативы.

*Температура воды.* Для поверхностных источников воды температура является значимым показателем ее физического состояния, так как ее колебания могут существенно влиять на скорость химических реакций, концентрацию растворенных соединений и, следовательно, на ее вязкость; интенсивность фильтрации через активированный уголь (адсорбирующая возможность угля при снижении температуры воды возрастает). Степень коагуляции, осаждения и фильтрации при низкой температуре воды могут снизиться. Время выживания в воде цист, яиц гельминтов при низкой температуре существенно уменьшается. Температура воды, кроме оказания прямого действия на человека (степень утоления жажды, влияние на теплообмен), служит показателем санитарной надежности водоисточников.

Заметные колебания температуры воды колодцев, родников в течение суток свидетельствуют об их сообщении с поверхностью почвы, что делает их в санитарном отношении ненадежными. Вода в водоносных горизонтах, лежащих ниже 15 м, как правило, имеет настоящую температуру с колебаниями в течение года в пределах 2 °С.

Таким образом, температура воды может влиять на различные аспекты ее очистки, участвовать в формировании органолептических свойств, и быть одним из показателей ее санитарного благополучия. Наиболее приятной для питья считается вода, имеющая температуру 7–15 °С.

*Цветность воды.* Цвет воды, главным образом, определяют природные химические соединения, которые

находятся в растворенном состоянии и имеют окраску. Например, гуминовые соединения в зависимости от их концентрации придают воде цвет от желтого до коричневого. При исследовании цветности воды определяют ее качественно либо количественно. При качественном определении цветности используют следующие термины: вода бесцветная; слегка желтоватая; светло-желтая; желтая и так далее. Количественное определение цветности производят путем сравнения цветности исследуемой воды со стандартной окраской стойких цветных растворов (при визуальном определении с помощью цилиндров Генера) или с окраской эталонных стекол-фильтров, значение выражается в градусах.

Исследование производят при дневном рассеянном освещении, сравнивая цвет растворов на матовом белом фоне. Исследуемую воду со значением прозрачности 30 см и менее, то есть заметно мутную, перед количественным определением цветности необходимо профильтровать. Питьевая вода хорошего качества должна иметь цветность ниже 20°. Иногда допускается к употреблению вода со значением цветности 35°.

*Мутность воды.* Мутность (прозрачность) воды обусловлена присутствием в ней различных по происхождению взвешенных частиц. Мутность воды отражается на ее органолептических свойствах, а, при наличии большого количества микроорганизмов – на интенсивности и степени обеззараживания, так как находящиеся в окружении взвешенных частиц микроорганизмы становятся менее доступными действию обеззараживающих средств. Значительное помутнение воды в источниках местного водоснабжения (колод-

цы) свидетельствует о стоке поверхностных (загрязняющих) вод, то есть о связи источника с поверхностью прилегающей почвы.

В большинстве случаев при отстаивании мутность воды уменьшается (вода очищается), но иногда и увеличивается, например, при выпадении осадка гидрата окиси железа, что наблюдается чаще, и реже – осадка карбоната кальция. Поэтому мутность воды необходимо исследовать сразу же после взятия пробы из водоисточника. При мутности менее 30 см вода является непригодной для питья.

*Запах и вкус воды.* Запах и вкус воды определяется растворенными в ней химическими соединениями, имеющими различное природное или антропогенное происхождение. Запахом и вкусом обладает вода главным образом открытых и неглубоких подземных водоисточников, особенно имеющих сообщение с поверхностными почвенными водами. Вода же глубоких подземных водоисточников, как правило, не имеет запаха и вкуса, кроме отдельных случаев, когда вода глубоких артезианских скважин может иметь запах сероводорода или слабый запах аммиака химического, а не органического их происхождения.

Только после того, когда путем лабораторного исследования показана пригодность воды для питья, можно и нужно определить ее вкус. Качественная питьевая вода должна иметь интенсивность запаха и вкуса не более двух баллов.

Благоприятные органолептические свойства воды определяются соответствующими нормативами СанПиН 1.2.3685-21 (табл. 9).

Таблица 9

## Оценка качества питьевой воды по органолептическим показателям

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Норматив, не более	Примечание
1	Запах	баллы	2	вода питьевая централизованного и нецентрализованного водоснабжения; водоросличков хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования; морская вода в местах водопользования населения
			3	вода питьевая нецентрализованного водоснабжения
			3	вода плавательных бассейнов и аквапарков
2	Привкус	баллы	2	вода питьевая централизованного водоснабжения
			3	вода питьевая нецентрализованного водоснабжения
3	Цветность	град.	20	вода питьевая централизованного водоснабжения; вода плавательных бассейнов
			30	вода питьевая нецентрализованного водоснабжения
			5	вода аквапарков
4	Окраска	см	Не должна обнаруживаться в столбике воды 10 см	морская вода в местах водопользования населения; вода поверхностных водоросличков, используемых для централизованного водоснабжения населения, для хозяйственно-бытового водопользования и для водоснабжения пищевых предприятий

Окончание табл. 9

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Норматив, не более	Примечание
			Не должна обнаруживаться в столбике воды 20 см	вода поверхностных водоемов, используемых для рекреационного водопользования
5	Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по коалину)	2,6 по формазину 1,5 по коалину	вода питьевая централизованного и нецентрализованного водоснабжения; водоплавательных бассейнов
6	Прозрачность	см	1,0	вода аквапарков
7	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	не менее 30 по шрифту Снеллена при сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями для рекреационного водопользования – более чем на 0,25, а в черте населенных мест – более чем на 0,75. Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/л природных взвешенных веществ, допускается увеличение их в содержании в воде в пределах 5 %. Взаеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	морская вода в местах водопользования населения вода поверхностных водоемов, используемых для централизованного водоснабжения населения, для хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования
8	Плавающие примеси		на поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	вода поверхностных водоемов, используемых для централизованного водоснабжения населения, для хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования; морская вода в местах водопользования населения

## Методы улучшения качества воды

Использование природных вод открытых водоемов, а иногда и подземных вод в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения практически невозможно без предварительного улучшения свойств воды и ее обеззараживания. Чтобы качество воды соответствовало гигиеническим требованиям, применяют предварительную обработку, в результате которой вода освобождается от взвешенных частиц, запаха, привкуса, микроорганизмов и различных примесей. Такое улучшение свойств воды достигается на водопроводных станциях.

Для улучшения качества воды применяются следующие методы:

- осветление и обесцвечивание – удаление взвешенных частиц;
- обеззараживание – уничтожение микроорганизмов;
- специальные методы улучшения органолептических свойств воды, умягчение, удаление некоторых химических веществ, фторирование и др.

**Осветление воды.** Осветление является важным этапом в общем комплексе методов улучшения качества воды, так как улучшает ее физические и органолептические свойства. При этом в процессе удаления из воды взвешенных частиц удаляется и значительная часть микроорганизмов, в результате чего полная очистка воды позволяет легче и экономичнее осуществлять обеззараживание. Осветление осуществляется механическим (отстаивание), физическим (фильтрование) и химическим (коагуляция) методами.

**Отстаивание,** при котором происходит осветление и частичное обесцвечивание воды, осуществляется в спе-

циальных сооружениях – отстойниках. Используются две конструкции отстойников: горизонтальные и вертикальные. Принцип их действия состоит в том, что благодаря поступлению через узкое отверстие и замедленному протеканию воды в отстойнике основная масса взвешенных частиц оседает на дно. Процесс отстаивания в отстойниках различной конструкции продолжается в течение 2–8 часов. Однако мельчайшие частицы, в том числе значительная часть микроорганизмов, не успевают осесть. Поэтому отстаивание нельзя рассматривать как основной метод очистки воды.

**Фильтрация** – процесс более полного освобождения воды от взвешенных частиц, заключающийся в том, что воду пропускают через фильтрующий мелкопористый материал, чаще всего через песок с определенным размером частиц. Фильтруясь, вода оставляет на поверхности и в глубине фильтрующего материала взвешенные частицы. На водопроводных станциях фильтрация применяется после коагуляции. В санитарной практике используются медленные и быстрые фильтры, фильтр АКХ (Академии коммунального хозяйства).

В настоящее время начали применяться кварцево-антрацитовые фильтры, значительно увеличивающие скорость фильтрации.

Для предварительной фильтрации воды используются микрофильтры для улавливания зоопланктона – мельчайших водных животных, и фитопланктона – мельчайших водных растений. Эти фильтры устанавливаются перед местом водозабора или перед очистными сооружениями.

**Коагуляция** представляет собой химический метод очистки воды. Преимущество этого метода заключается

в том, что он позволяет освободить воду от загрязнений, находящихся в виде взвешенных частиц, не поддающихся удалению с помощью отстаивания и фильтрации. Сущность коагуляции заключается в добавлении к воде химического вещества – коагулянта, способного реагировать с находящимися в ней бикарбонатами. В результате этой реакции образуются крупные, довольно тяжелые хлопья, несущие положительный заряд. Оседая вследствие собственной тяжести, они увлекают за собой находящиеся в воде во взвешенном состоянии частицы загрязнений, заряженные отрицательно, и тем самым способствуют довольно быстрой очистке воды. За счет этого процесса вода становится прозрачной, улучшается показатель цветности.

В качестве коагулянта в настоящее время наиболее широко применяется сульфат алюминия, образующий с бикарбонатами воды крупные хлопья гидроксида алюминия. Для улучшения процесса коагуляции используются высокомолекулярные флокулянты: щелочной крахмал, флокулянты ионного типа, активизированная кремниевая кислота и другие синтетические препараты, производные акриловой кислоты, в частности полиакриламид.

В настоящее время в водопроводной системе применяется установка, заменяющая весь комплекс очистных сооружений обычного типа и работающая по схеме: коагуляция – отстаивание – фильтрация. Она называется *контактным осветлителем* и представляет собой бетонный резервуар, заполненный гравием и песком на высоту 2,3–2,6 м. Вода подается через систему труб в нижнюю часть осветлителя, а коагулянт вводится непосредственно в трубопровод перед поступлением воды в осветлитель. Коагуляция происходит в нижних крупнозернистых частях осветлителя,

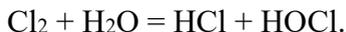
а в верхних задерживаются хлопья коагулянта и другие взвешенные вещества.

**Обеззараживание.** Уничтожение микроорганизмов является последним завершающим этапом обработки воды, обеспечивающим ее эпидемиологическую безопасность. Для обеззараживания воды применяются химические (реагентные) и физические (безреагентные) методы. В лабораторных условиях для небольших объемов воды может быть использован механический метод.

**Химические (реагентные) методы** обеззараживания основаны на добавлении к воде различных химических веществ, вызывающих гибель находящихся в воде микроорганизмов. Эти методы достаточно эффективны. В качестве реагентов могут быть использованы различные сильные окислители: хлор и его соединения, озон, йод, перманганат калия, некоторые соли тяжелых металлов, серебро.

В санитарной практике наиболее надежным и испытанным способом обеззараживания воды является *хлорирование*. На водопроводных станциях оно производится при помощи газообразного хлора и растворов хлорной извести. Кроме этого, могут использоваться такие соединения хлора, как гипохлорат натрия, гипохлорит кальция, двуокись хлора.

Механизм действия хлора заключается в том, что при добавлении его к воде он гидролизуется, в результате чего происходит образование хлористоводородной и хлорноватистой кислот:



Хлорноватистая кислота в воде диссоциирует на ионы водорода (H) и гипохлоритные ионы (OCl), которые наряду с диссоциированными молекулами хлорноватистой

кислоты обладают бактерицидным свойством. Комплекс ( $\text{HOCl} + \text{OCl}^-$ ) называется свободным активным хлором.

Бактерицидное действие хлора осуществляется главным образом за счет хлорноватистой кислоты, молекулы которой малы, имеют нейтральный заряд и поэтому легко проходят через оболочку бактериальной клетки. Хлорноватистая кислота воздействует на клеточные ферменты, в частности на SH-группы, нарушает обмен веществ микробных клеток и способность микроорганизмов к размножению. В последние годы установлено, что бактерицидный эффект хлора основан на угнетении ферментов – катализаторов окислительно-восстановительных процессов, обеспечивающих энергетический обмен бактериальной клетки.

Обеззараживающее действие хлора зависит от многих факторов, среди которых доминирующими являются биологические особенности микроорганизмов, активность действующих препаратов хлора, состояние водной среды и условия, в которых производится хлорирование.

Процесс хлорирования зависит от стойкости микроорганизмов. Наиболее устойчивыми являются спорообразующие. Среди бактерий не образующих споры отношение к хлору различное, например брюшнотифозная палочка менее устойчива, чем палочка паратифа, и т.д. Важным является массивность микробного обсеменения: чем она выше, тем больше хлора нужно для обеззараживания воды. Эффективность обеззараживания зависит от активности используемых хлорсодержащих препаратов. Так, газообразный хлор более эффективен, чем хлорная известь.

Большое влияние на процесс хлорирования оказывает состав воды; процесс замедляется при наличии большого количества органических веществ, так как большее количе-

ство хлора уходит на их окисление, и при низкой температуре воды. Существенным условием хлорирования является *правильный выбор дозы*. Чем выше доза хлора и чем продолжительнее его контакт с водой, тем более высоким будет обеззараживающий эффект.

Хлорирование производится после очистки воды и является заключительным этапом ее обработки на водопроводной станции. Иногда для усиления обеззараживающего эффекта и для улучшения коагуляции часть хлора вводят вместе с коагулянтom, а другую часть, как обычно, после фильтрации. Такой метод называется *двойным хлорированием*.

Различают обычное хлорирование, т.е. хлорирование нормальными дозами хлора, которые устанавливаются каждый раз опытным путем, и суперхлорирование, т. е. хлорирование повышенными дозами.

Хлорирование нормальными дозами применяется в обычных условиях на всех водопроводных станциях. При этом большое значение имеет правильный выбор дозы хлора, что обуславливается степенью хлорпоглощаемости воды в каждом конкретном случае.

Для достижения полного бактерицидного эффекта определяется оптимальная доза хлора, которая складывается из количества активного хлора, которое необходимо для: а) уничтожения микроорганизмов; б) окисления органических веществ и количества хлора, которое должно остаться в воде после ее хлорирования для того, чтобы служить показателем надежности хлорирования. Это количество называется свободным остаточным хлором. Его норма 0,3–0,5 мг/л, при остаточном связанном хлоре 0,8–1,2 мг/л. Необходимость нормирования этих количеств связана с тем, что при наличии свободного остаточного хлора менее 0,3 мг/л его

может быть недостаточно для обеззараживания воды, а при дозах выше 0,5 мг/л вода приобретает неприятный специфический запах хлора.

Главными условиями эффективного хлорирования воды являются перемешивание ее с хлором, контакт между обеззараживаемой водой и хлором в течение 30 мин в теплое время года и 60 мин в холодное время.

На крупных водопроводных станциях для обеззараживания воды применяется газообразный хлор. Для этого жидкий хлор, доставляемый на водопроводную станцию в цистернах или баллонах, перед применением переводится в газообразное состояние в специальных установках – хлораторах, с помощью которых обеспечиваются автоматическая подача и дозирование хлора. Наиболее часто хлорирование воды производится 1 % раствором хлорной извести. Хлорная известь представляет собой продукт взаимодействия хлора и гидроксида кальция в результате реакции:  $2\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{Cl}_2 = \text{Ca}(\text{OCl})_2 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

Техническая хлорная известь содержит обычно около 35 % активного хлора. При хранении ее в сыром помещении, на свету и при высокой температуре она разлагается и значительно снижает свою активность. Для обеззараживания воды допускается использование хлорной извести, содержащей не менее 25 % активного хлора. Поэтому, прежде чем использовать хлорную известь для хлорирования воды, необходимо определить в ней процентное содержание активного хлора.

*Хлорирование нормальными дозами.* Как выше указывалось, для определения необходимой дозы хлора при хлорировании нормальными дозами проводится пробное хлорирование воды. Упрощенно пробное хлорирование проводят

в трех стаканах, в каждый из которых наливают по 200 мл исследуемой воды, вкладывают стеклянные палочки и с помощью выверенной пипетки (25 капель равны 1 мл) добавляют 1 % раствор хлорной извести: в первый – 1 каплю, во второй – 2 капли, в третий – 3 капли. Воду в стаканах хорошо перемешивают и через 30 минут определяют наличие в ней остаточного хлора. Для этого в каждый стакан прибавляют 2 мл 5 % раствора йодида калия, 2 мл хлористоводородной кислоты (1:5), 1 мл 1 % раствора крахмала и тщательно перемешивают. При наличии остаточного хлора вода окрашивается в синий цвет, тем более интенсивный, чем больше в ней содержится остаточного хлора. Воду в стаканах, где появилось синее окрашивание, титруют по каплям 0,7 % раствором тиосульфата натрия до обесцвечивания, перемешивая её после добавления каждой капли. Для расчета дозы выбирают тот стакан, где произошло обесцвечивание от 2 капель тиосульфата натрия, так как содержание остаточного хлора в этом стакане составляет 0,4 мг/л (1 капля 0,7 % раствора тиосульфата натрия связывает 0,04 мг хлора, что соответствует при пересчете на 1 л  $0,045 = 0,2$  мг/л). Если обесцвечивание произошло от 1 капли, содержание остаточного хлора недостаточно – 0,2 мг/л; при обесцвечивании от 3 капель содержание остаточного хлора избыточно – 0,6 мг/л.

В зависимости от результатов пробного хлорирования рассчитывают количество хлорной извести, необходимое для хлорирования 1 л воды.

*Пример: для расчета дозы выбран 2-й стакан, где при определении остаточного хлора на титрование пошло 2 капли 0,7 % раствора тиосульфата натрия. В этот стакан на 200 мл воды было прибавлено 2 капли 1 % раствора хлорной извести; следовательно, на 1 л воды потребуется*

25 – 10 капель, или 0,4 мл 1 % раствора хлорной извести, так как в 1 мл содержится 25 капель.

Количество сухой хлорной извести, содержащейся в 0,4 мл 1 % раствора, в 100 раз меньше (так как раствор однопроцентный) и составляет 0,4: 100 – 0,004 или 4 мг сухой хлорной извести, т.е. доза хлора равна 4 мг/л хлорной извести.

Определение остаточного хлора в водопроводной воде. В коническую колбу ёмкостью 500 мл наливают 250 мл водопроводной воды (до отбора пробы воду из крана необходимо спустить), 10 мл буферного раствора с рН 4,6\* и 5 мл 10 % раствора йодида калия. Затем титруют выделившийся йод 0,005 н. раствором тиосульфата натрия до бледно-желтой окраски, приливают 1 мл 1 % раствора крахмала и титруют раствор до исчезновения синей окраски.

\* для приготовления буферного раствора с рН 4,6 смешивают 102 мл 1 М раствора уксусной кислоты (60 г 100 % кислоты в 1 л воды) и 98 мл 1 М раствора ацетата натрия (136,1 г кристаллической соли в 1 л воды), доводят объём до 1 л прокипяченной дистиллированной водой.

Содержание остаточного хлора в воде (x) вычисляют по формуле

$$x = \frac{n \cdot K \cdot 0,177 \cdot 1000 \text{ мг/л}}{V},$$

где  $n$  – количество 0,005 н. раствора тиосульфата натрия, израсходованное на титрование, мл;

$K$  – поправочный коэффициент раствора тиосульфата;

0,177 – количество активного хлора, соответствующее 1 мл 0,005 н. раствора тиосульфата натрия, мг;

$V$  – объём воды, взятой для анализа, мл.

*Суперхлорирование (гиперхлорирование) воды* проводится по эпидемиологическим показаниям или в условиях, когда невозможно обеспечить необходимый контакт воды с хлором (в течение 30 мин). Обычно оно применяется в военно-полевых условиях, экспедициях и других случаях и производится дозами, в 5–10 раз превышающими хлорпоглощаемость воды, т. е. 10–20 мг/л свободного хлора. Время контакта между водой и хлором при этом сокращается до 15–10 мин. Суперхлорирование имеет ряд преимуществ. Основными из них являются значительное сокращение времени хлорирования, упрощение его техники, так как нет необходимости определять остаточный хлор и дозу, и возможность обеззараживания воды без предварительного освобождения ее от мути и осветления. Недостатком гиперхлорирования является сильный запах хлора, но его можно устранить добавлением к воде тиосульфата натрия, активированного угля, сернистого ангидрида и других веществ (дехлорирование).

На водопроводных станциях иногда проводят *хлорирование с преаммонизацией*. Этот метод применяется в тех случаях, когда обеззараживаемая вода содержит фенол или другие вещества, которые придают ей неприятный запах. Для этого в обеззараживаемую воду вначале вводят аммиак или его соли, а затем, через 1–2 мин, – хлор. При этом образуются хлорамины, обладающие сильным бактерицидным свойством.

К химическим методам обеззараживания воды относится *озонирование*. Озон является нестойким соединением. В воде он разлагается с образованием молекулярного и атомарного кислорода, с чем связана сильная окислительная способность озона. В процессе его разложения образуются свободные радикалы  $\text{OH}$  и  $\text{HO}_2$ , обладающие выраженными окислительными свойствами. Озон имеет высокий окисли-

тельно-восстановительный потенциал, поэтому его реакция с органическими веществами, находящимися в воде, происходит более полно, чем у хлора. *Механизм обеззараживающего действия озона аналогичен действию хлора: являясь сильным окислителем, озон повреждает жизненно важные ферменты микроорганизмов и вызывает их гибель. Имеются предположения, что он действует как протоплазматический яд.*

Преимущество озонирования перед хлорированием заключается в том, что при этом способе обеззараживания улучшаются вкус и цвет воды, поэтому озон может быть использован одновременно для улучшения ее органолептических свойств. Озонирование не оказывает отрицательного влияния на минеральный состав и рН воды. Избыток озона превращается в кислород, поэтому остаточный озон не опасен для организма и не влияет на органолептические свойства воды. Контроль за озонированием менее сложен, чем за хлорированием, так как озонирование не зависит от таких факторов, как температура, рН воды и т.д. Для обеззараживания воды необходимая доза озона в среднем равна 0,5–6 мг/л при экспозиции 3–5 мин. Озонирование производится при помощи аппаратов – озонаторов.

При химических способах обеззараживания воды используют также олигодинамические действия *солей тяжелых металлов (серебра, меди, золота)*. Олигодинамическим действием тяжелых металлов называется их способность оказывать бактерицидный эффект в течение длительного срока при крайне малых концентрациях. *Механизм действия заключается в том, что положительно заряженные ионы тяжелых металлов вступают в воде во взаимодействие с микроорганизмами, имеющими отрицательный заряд. Происходит электроадсорбция, в результате которой*

*они проникают вглубь микробной клетки, образуя в ней альбуминаты тяжелых металлов (соединения с нуклеиновыми кислотами), в результате чего микробная клетка погибает. Данный метод обычно применяется для обеззараживания небольших количеств воды.*

*Перекись водорода* давно известна как окислитель. Ее бактерицидное действие связано с выделением кислорода при разложении. Метод применения перекиси водорода для обеззараживания воды в настоящее время еще полностью не разработан.

Химические (реагентные) способы обеззараживания воды, основанные на добавлении к ней того или иного химического вещества в определенной дозе, имеют ряд недостатков, которые заключаются главным образом в том, что большинство этих веществ отрицательно влияет на органолептические свойства воды. Кроме того, бактерицидное действие этих веществ проявляется после определенного периода контакта и не всегда распространяется на все формы микроорганизмов. Все это явилось причиной разработки физических методов обеззараживания воды, имеющих ряд преимуществ по сравнению с химическими.

***Безреагентные методы*** не оказывают влияния на состав и свойства обеззараживаемой воды, не ухудшают ее органолептических свойств. Они действуют непосредственно на структуру микроорганизмов, вследствие чего обладают более широким диапазоном бактерицидного действия. Для обеззараживания необходим небольшой период времени.

Наиболее разработанным и изученным в техническом отношении методом является облучение воды бактерицидными (ультрафиолетовыми) лампами. Наибольшим бактерицидным свойством обладают УФ-лучи с длиной волны

200–280 нм; максимум бактерицидного действия приходится на длину волны 254–260 нм. Источником излучения служат аргонно-ртутные лампы низкого давления (БУВ) и ртутно-кварцевые лампы (ПРК и РКС).

Для обеззараживания воды применяются специальные установки (напорные и безнапорные). Для обеззараживания большого объема воды используется установка ОВ-АКХ-1 большой производительности с применением бактерицидных ламп ПРК.

На небольших водопроводах используются аргонно-ртутные лампы низкого давления (БУВ-15, БУВ-30, БУВ-30П). Обеззараживание воды наступает быстро, в течение 1–2 минут. При обеззараживании воды УФ-лучами погибают не только вегетативные формы микробов, но и споровые, а также вирусы, яйца гельминтов, устойчивые к воздействию хлора. Применение бактерицидных ламп не всегда возможно, так как на эффект обеззараживания воды УФ-лучами влияют мутность, цветность воды, содержание в ней солей железа. Поэтому, прежде чем обеззараживать воду таким способом, ее необходимо тщательно очистить.

Из всех имеющихся физических методов обеззараживания воды наиболее надежным является *кипячение*. В результате кипячения в течение 3–5 минут погибают все имеющиеся в ней микроорганизмы, а после 30 мин вода становится полностью стерильной. Несмотря на высокий бактерицидный эффект, этот метод не находит широкого применения для обеззараживания больших объемов воды. Его можно использовать в быту, детских учреждениях. Недостатком кипячения являются ухудшение вкуса воды, наступающего в результате улетучивания газов, и возможность более быстрого развития микроорганизмов в кипяченой воде.

К *физическим методам обеззараживания* воды относится использование импульсного электрического разряда, ультразвука и ионизирующего излучения. В настоящее время эти методы широкого практического применения не находят.

### ***Специальные способы улучшения качества воды***

Помимо основных методов очистки и обеззараживания воды, в некоторых случаях возникает необходимость производить специальную ее обработку. В основном эта обработка направлена на улучшение минерального состава воды и ее органолептических свойств.

*Дезодорация* – удаление посторонних запахов и привкусов. Необходимость проведения такой обработки обусловливается наличием в воде запахов, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов, грибов, водорослей, продуктов распада и разложения органических веществ. С этой целью применяются такие методы, как озонирование, углевание, хлорирование, обработка воды перманганатом калия, перекисью водорода, фторирование через сорбционные фильтры, аэрация.

*Дегазация* воды – удаление из нее растворенных дурнопахнущих газов. Для этого применяется аэрация, т.е. разбрызгивание воды на мелкие капли в хорошо проветриваемом помещении или на открытом воздухе, в результате чего происходит выделение газов.

*Умягчение* воды – полное или частичное удаление из нее катионов кальция и магния. Умягчение проводится специальными реагентами или при помощи ионообменного и термического методов.

*Опреснение (обессоливание)* воды чаще производится при подготовке ее к промышленному использованию. Частичное опреснение воды осуществляется для снижения содержания в ней солей до тех величин, при которых воду можно использовать для питья (ниже 1000 мг/л). Опреснение достигается дистилляцией воды, которая производится в различных опреснителях (вакуумных, многоступенчатых, гелиотермических), ионитовых установках, а также электрохимическим способом и методом вымораживания.

*Обезжелезивание* – удаление из воды железа. Производится аэрацией с последующим отстаиванием, коагулированием, известкованием, катионированием. В настоящее время разработан метод фильтрования воды через песчаные фильтры.

*Обесфторивание* – освобождение природных вод от избыточного количества фтора. С этой целью применяют метод осаждения, основанный на сорбции фтора осадком гидроокиси алюминия и других адсорбентов. При недостатке в воде фтора ее фторируют. В случае загрязнения воды радиоактивными веществами ее подвергают дезактивации, т.е. удалению радиоактивных веществ.

*Фторирование* – введение фтора в воду. Применяется с целью профилактики кариеса. В результате проведения многолетних исследований пришли к выводу о том, что фторирование воды хозяйственно-питьевого назначения в эндемичных по гипофторозу местностях (биогеохимических провинциях с низким содержанием фтора в окружающей среде) показано только при его суммарном поступлении в организм с питьевой водой и пищевыми продуктами менее 80 % от минимальной безопасной величине потребления. Эта величина составляет 0,5 мг/сут. у детей от 1 до 3 лет, 1,0 мг/л – у детей 4–6 лет и 1,5 мг/л – у детей старше 7 лет,

подростков и взрослых. Дополнительными показаниями является высокая пораженность коренного населения кариесом зубов при наличии проявлений гипоплороза.

*Дезактивация* – удаление из воды радиоактивных веществ. Радиоактивность воды можно снизить в результате обычных способов ее обработки на водоочистных сооружениях. Так, коагуляция, отстаивание и фильтрация снижают содержание радиоактивных веществ в ней на 70–80 %. Эффект дезактивации можно повысить за счет увеличения pH воды, применения коагулянта.

## СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

### *Задача № 1*

В селе К. действует централизованная система питьевого водоснабжения с подземным источником (артезианская скважина). Для контроля качества воды, подаваемой населению, исследованы пробы воды, отобранные после насосов второго подъема (протоколы исследования № 65 от 17.04.22 г., № 93 от 20.05.22 г., № 117 от 20.08.22 г.). Рабочей программой производственного контроля качества питьевой воды водопровода села К., утвержденной постановлением администрации Н-ского района за № 93 от 18.03.22 г., наряду с микробиологическими, органолептическими и обобщенными показателями состава воды предусмотрен контроль за содержанием в воде железа, фтора, стронция и лития.

### Задание:

Составьте санитарное заключение о качестве воды по данным лабораторных исследований.

Результаты лабораторных исследований питьевой воды:

Предприятие водоснабжения – питьевой водопровод села К.

Место взятия пробы – после насосов второго подъема.

Кем взята проба – пом. санитарного врача по Н-скому району Королевой А.Н.

Характер тары и укупорки проб – стеклянные бутылки с корковыми и ватно-марлевыми пробками.

Показатели качества воды	Протокол № 65 от 17.04.22	Протокол № 93 от 20.05.22	Протокол № 117 от 20.08.22
<i>Микробиологические</i>			
Общие колиформные бактерии (число бактерий в 100 мл)	отс.	отс.	отс.
Общее микробное число (число бактерий в 1 мл)	15	10	5
<i>Органолептические</i>			
Запах, баллы	1	2	1
Привкус, баллы	1	1	1
Цветность, град.	15	17	12
Мутность, ЕМФ	2,0	1,7	1,8
<i>Обобщенные</i>			
Водородный показатель, рН	7,1	7,4	7,3
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	210	250	220
Жесткость общая, ммоль/л	4,5	4,3	4,5
Окисляемость перманганатная, мгО <sub>2</sub> /л	2,0	2,4	2
Нефтепродукты, мг/л	0,05	0,05	0,05
ПАВ, анионоактивные, мг/л	0,1	0,1	0,1
Фенольный индекс, мг/л	0,0005	0,0005	0,0005
<i>Неорганические вещества</i>			
Железо, мг/л	0,11	0,25	0,27
Фтор, мг/л	0,31	0,38	0,36
Стронций, мг/л	0,71	0,79	0,53
Литий, мг/л	0,017	0,014	0,021

**Образец заключения:** Качество воды, подаваемой в распределительную сеть водопровода села К., по данным лабораторных исследований, проведенных в апреле-августе 2022 г. в объеме Рабочей программы производственного контроля соответствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» по микробиологическим, органолептическим, обобщенным показателям и содержанию химических веществ. Вода может быть использована для питьевого водоснабжения населения села К.

### *Задача № 2*

В г. Т. действует централизованная система питьевого водоснабжения из поверхностного источника (река). Вода перед подачей в распределительную сеть подвергается очистке с использованием сернокислого алюминия и хлорированию. Для контроля качества воды, подаваемой населению, отобраны пробы воды после насосов второго подъема (протокол № 12 от 27.01.22 г.). Рабочей программой производственного контроля качества питьевой воды г. Т., утвержденной постановлением администрации г. Т. № 65 от 26.02.21 г., наряду с микробиологическими, паразитологическими, обобщенными показателями и содержанием химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки, предусмотрен контроль за содержанием в воде трехвалентного хрома и парафенилендиамина (урсола).

Протокол № 12 лабораторного исследования питьевой воды:

Организация водоснабжения – питьевой водопровод г. Т.

Место взятия пробы – после насосов второго подъема.

Кем взята проба – пом. санитарного врача Агафоновой В.И.

Дата взятия пробы – 23.01.22.

Характер тары и укупорки проб – стеклянные бутылки с корковыми и ватно-марлевыми пробками.

Показатели	Измеренные величины
<i>Органолептические</i>	
Запах, баллы при 20 °С	2
Привкус, баллы при 20 °С	2
Цветность, град.	20
Мутность, ЕМФ	1,3
<i>Обобщенные</i>	
Водородный показатель, рН	7,0
Сухой остаток, мг/л	160
Жесткость общая, мг-экв./л	3,0
Окисляемость перманганатная, мгО <sub>2</sub> /л	2,5
Нефтепродукты (суммарно), мг/л	0,2
ПАВ анионоактивные, мг/л	0,1
Фенольный индекс, мг/л	0,15
<i>Химические вещества</i>	
Парафенилендиамин (урсол), мг/л	0,05
Хром трехвалентный, мг/л	0,01
<i>Остаточные количества реагентов и продуктов их трансформации</i>	
Алюминий остаточный, мг/л	0,25
Хлор остаточный связанный, мг/л	0,9
Хлороформ, мг/л	0,01
<i>Микробиологические и паразитологические</i>	
Общие колиформные бактерии в 100 мл при 3-кратном исследовании	отс.
Общее микробное число в 1 мл	30
Колифаги (БОЕ) в 100 мл	отс.
Цисты лямблий в 50 л	отс.

### **Задание:**

Дайте гигиеническую оценку и составьте санитарно-эпидемиологическое заключение о качестве питьевой воды по данным лабораторного исследования.

### ***Задача № 3***

Дайте оценку результатам анализа водопроводной воды при условии централизованного водоснабжения. Укажите возможные причины ухудшения показателей воды и ваши действия.

Данные лабораторных исследований:

запах – 3 балла,

привкус – металлический,

цветность – 100,

мутность – 1,5 мг/л,

жесткость – 6,4 мг-экв./л,

сухой остаток – 560 мг/л,

сульфаты – 60 мг/л,

хлориды – 30 мг/л,

нитраты – 3,5 мг/л,

железо – 1,5 мг/л,

фтор – 1,8 мг/л,

общее микробное число в 1 мл – 80,

колифаги – 2.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

*Выберите один правильный ответ*

1. КЛИМАТИЧЕСКИЙ РАЙОН УЧИТЫВАЕТСЯ ПРИ НОРМИРОВАНИИ В ВОДЕ СЛЕДУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

- 1) фтора
- 2) фтора и мышьяка
- 3) фтора, мышьяка, бериллия
- 4) органических соединений
- 5) всех химических веществ, нормируемых в воде

2. КАЧЕСТВО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОМ УСТАНОВЛИВАЕТСЯ

- 1) по остаточному ультрафиолету
- 2) бактериологическим показателям
- 3) органолептическим показателям
- 4) химическим показателям

3. НОРМАЛЬНАЯ ДОЗА ХЛОРА СКЛАДЫВАЕТСЯ

- 1) из хлорпоглощаемости воды и минимальной границы нормы остаточного хлора
- 2) хлорпоглощаемости воды и верхней границы нормы остаточного хлора
- 3) концентрации хлора в хлорной извести и хлорпоглощаемости
- 4) концентрации хлора в хлорной извести, хлорпоглощаемости и нормы остаточного хлора

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОСТАТОЧНОГО ХЛОРА КОНТРОЛИРУЕТСЯ И НОРМИРУЕТСЯ

- 1) в местах водозабора
- 2) в распределительной сети
- 3) перед подачей воды в распределительную сеть
- 4) после отстойников

#### 5. УСЛОВИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ХЛОРОМ

- 1) доза хлора, температура, рН, перемешивание
- 2) доза хлора, температура, перемешивание, время контакта
- 3) доза хлора, температура, время контакта, осветление воды
- 4) доза хлора, температура, перемешивание, время контакта, осветление воды
- 5) доза хлора, рН, перемешивание, время контакта, осветление воды

#### 6. ПДК ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЕ УКАЗАНЫ

- 1) в СанПиНе 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
- 2) ГОСТе «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения»
- 3) СНиПе «Водоснабжение»
- 4) СанПиНе «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения»

7. ДЕЙСТВУЮЩИМ НАЧАЛОМ ПРИ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ ОЗОНОМ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) озон
- 2) молекулярный кислород
- 3) перекись водорода
- 4) атомарный кислород
- 5) органические кислоты

8. НАИБОЛЬШЕЙ БАКТЕРИЦИДНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ОБЛАДАЕТ ПРЕПАРАТ ХЛОРА

- 1) диоксид хлора
- 2) хлорная известь
- 3) газообразный хлор
- 4) хлорамин

9. НАИБОЛЬШЕЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ДЕЙСТВИЮ ПРЕПАРАТОВ ХЛОРА ОБЛАДАЮТ

- 1) энтеровирусы
- 2) бактерии группы кишечной палочки
- 3) холерный вибрион
- 4) патогенные энтеробактерии

10. К ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ВОДЫ ОТНОСЯТСЯ

- 1) запах, привкус
- 2) запах, привкус, цветность
- 3) запах, привкус, цветность, мутность
- 4) запах, привкус, цветность, мутность, жесткость

11. ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ХЛОРОСОДЕРЖАЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ МОГУТ

- 1) улучшаться
- 2) ухудшаться
- 3) оставаться неизменными

12. ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОЗОНОМ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ МОГУТ

- 1) улучшаться    2) ухудшаться    3) не изменяться

13. ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ УФИЗЛУЧЕНИЕМ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ МОГУТ

- 1) улучшаться    2) ухудшаться    3) не изменяться

14. В СРАВНЕНИИ С ХЛОРОМ, ОЗОН КАК РЕАГЕНТ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ОБЛАДАЕТ

1) большей бактерицидной активностью и улучшает органолептические свойства воды

2) большей бактерицидной активностью и ухудшает органолептические свойства воды

3) меньшей бактерицидной активностью и улучшает органолептические свойства воды

4) меньшей бактерицидной активностью и ухудшает органолептические свойства воды

15. КОНЦЕНТРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ НА ВОДОПРОВОДЕ С ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

- 1) повышается    2) снижается    3) не изменяется

16. КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ УЧИТЫВАЕТСЯ ДЛЯ ВЕЩЕСТВ С САНИТАРНО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ВРЕДНОСТИ, ОТНОСЯЩИХСЯ К КЛАССУ ОПАСНОСТИ

1) 1-му

3) 2-му и 3-му

2) 1-му и 2-му

4) 3-му и 4-му

## Список литературы

1. Гигиена и основы экологии человека: учебник / Ю.П. Пивоваров, В.В. Королик, Л.С. Зиневич. – М.: Академия, 2006. – 400 с.
2. Гигиена: учебник / под ред. Г.И. Румянцева. – М., 2008. – 608 с.
3. Коммунальная гигиена: учебник / под ред. В. Т. Мазаева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 704 с.

### 1.4. Охрана поверхностных вод от загрязнения

**Цель занятия:** формирование и развитие у обучающихся способности и готовности к проведению санитарно-гигиенической оценки качества воды водных объектов, к проведению санитарно-гигиенической оценки условий спуска сточных вод в водные объекты с использованием нормативных документов.

**План проведения занятия:**

Работа с нормативными документами, оценка практических навыков, тестовый контроль.

**Студент должен знать:**

- категории водопользования;
- основные источники загрязнения поверхностных водоемов;
- условия спуска сточных вод в поверхностные водоемы;
- сточные воды, запрещенные к сбросу в поверхностный водоем;

– основные нормативные документы по охране поверхностных вод.

***Студент должен уметь:***

- определять категорию водопользования;
- рассчитывать допустимые к сбросу в водоем концентрации вредных химических веществ.

***Студент должен владеть:***

- навыками работы с нормативной, нормативно-технической, законодательной и правовой документацией в пределах профессиональной деятельности;
- методикой определения условий спуска сточных вод в поверхностный водоем.

Изучение данной темы направлено на формирование у обучающихся **компетенций**:

УК-1: способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

ОПК-2: способность проводить и осуществлять контроль эффективности мероприятий по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний у детей, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения;

ПК-7: способность к организации, осуществлению и оценке эффективности профилактической работы, в т.ч. санитарно-просветительной, с детьми различных возрастно-половых групп и их родителями;

ПК-9: способность к организации и проведению профилактических мероприятий.

***Контрольные вопросы:***

1. Виды сточных вод. Их сравнительная характеристика.
2. Виды водопользования. Категории водоемов.
3. В каких случаях запрещается сброс сточных вод в водоем?
4. В каких случаях водоемы считаются загрязненными?
5. Действующие законодательные документы по санитарной охране водных объектов.
6. Категории водопользования.
7. Санитарные требования к охране поверхностных вод при эксплуатации объектов.
8. Нормирование химических веществ в водных объектах. Понятие о предельно допустимой концентрации веществ, ориентировочно допустимые уровни.
9. Показатели вредности, лимитирующий показатель вредности, по которому установлена ПДК.
10. Класс опасности веществ. Какие показатели положены в основу классификации?
11. Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и хозяйственно-бытового водопользования.
12. Контроль качества воды водного объекта.
13. Гигиенические требования к составу и свойствам воды водных объектов в пунктах водопользования.
14. Оценка водного объекта в пунктах водопользования по гигиенической классификации водоемов по степени загрязнения.

## *Задания для самостоятельной подготовки к занятию*

Каждый студент при подготовке к занятию должен проработать теоретический материал данной темы в соответствии с контрольными вопросами, ознакомиться со справочно-информационным материалом, решить тест и задачи.

### *Справочно-информационный материал*

Под водным объектом понимается сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющих границы, объем и черты водного режима. Существует много видов водных объектов, резко различающихся по географическим, гидрологическим, гидрохимическим, гидрогеологическим и другим характеристикам. С позиций гигиены наибольшее значение имеют реки, озера, водохранилища, а также подземные водные объекты, содержащие пресные воды. Эти объекты или их части могут использоваться в качестве источников централизованного и нецентрализованного питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, для рекреационных целей или занятий водным спортом.

Реки различаются по водности, или величине расхода воды (количество воды, проходящее через сечение русла реки в единицу времени). Крупные реки часто используются в качестве источников централизованного питьевого водоснабжения. В то же время они служат приемниками сточных вод, как крупных промышленных комплексов, так и больших городов или городских агломераций, расположенных на их берегах.

Промышленное загрязнение крупных рек сточными водами может неблагоприятно сказываться на большом удалении от источника загрязнения. Крупные реки – это также интенсивно используемые транспортные пути для пассажирских и грузовых судов. К средним рекам относятся водотоки длиной от 101 до 200 км и площадью водосбора от 1000 до 2000 км<sup>2</sup>. Средние реки также могут служить источниками централизованного и нецентрализованного питьевого водоснабжения и играют большую рекреационную роль. Как и крупные реки, они могут подвергаться загрязнению сточными водами. Малые реки длиной менее 100 км составляют большую часть водотоков. Они редко используются для централизованного питьевого водоснабжения, но часто служат источниками нецентрализованного водоснабжения, а также выполняют разнообразные рекреационные функции. К сожалению, в малые реки часто сбрасывают сточные воды мелкие промышленные предприятия, на которых трудно создать эффективные очистные сооружения, а также бытовые сточные воды малых поселений, зачастую без очистки. Указанное обстоятельство в значительной мере ухудшает условия жизни населения на берегах малых рек.

Сильно загрязненные малые реки в свою очередь становятся источником загрязнения средних и крупных рек, притоками которых они являются. Озера – природные водоемы в углублениях суши, заполненные водой разной минерализации. Озера редко служат источниками централизованного питьевого водоснабжения, но их рекреационная роль велика. Они широко используются для купания, лодочно-парусного спорта, играют большую роль в архитектурно-планировочном оформлении крупных и мелких поселений. Сброс сточных вод промышленности и поселений часто вы-

зывает эвтрофирование озера – интенсивное развитие водорослей, особенно сине-зеленых, так называемое цветение.

Страдает кислородный режим озера вследствие расхода кислорода, как на развитие водорослей, так и на окисление их отмерших масс. Большая масса водорослей при цветении может нарушить работу водозаборных сооружений, а их интенсивное отмирание при смене времен года сопровождается ухудшением органолептических свойств воды – повышением цветности, появлением неприятного запаха, снижением прозрачности.

Эвтрофированию способствуют малые скорости течения и прибрежные мелководья, на которых вода летом сильно прогревается.

Водохранилища – искусственные водоемы значительной вместимости, образованные обычно в долине реки водоподпорными сооружениями (плотинами) для регулирования стока реки. Строительство водохранилищ получило большое развитие во второй половине XX в. Водохранилища также являются весьма экономичными транспортными путями, часто используются в качестве источников воды для орошаемого земледелия и получения гидроэлектроэнергии. Водохранилища коренным образом изменяют гидрологический и гидрохимический режимы водотока, на котором они сооружены, а также природно-климатические условия окружающей территории. Эти изменения могут быть как позитивными, так и негативными.

Большой объем воды в водохранилище обеспечивает успешное разбавление поступающих в него загрязнений. Замедленный водоток способствует интенсивному самоочищению путем седиментации взвешенных веществ, минерализации органического загрязнения, образования и пе-

рехода в донные отложения малорастворимых и нерастворимых гидроксидов металлов и пр. Однако формирующиеся донные отложения неблагоприятны с санитарной точки зрения, как и частые большие колебания уровня воды в водохранилище, связанные с работой гидроэлектростанции. Недостаточная и проведенная с нарушением действующих правил, подготовка ложа водохранилища приводит к повышению окисляемости воды, появлению всплывающих массивов торфа, деревьев и большой площади мелководий по берегам. В летний период вода на мелководьях прогревается, что обуславливает эвтрофирование.

Подземные пресные воды активного водообмена, залегающие на глубине до 300–500 м от поверхности земли, используются в качестве источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Активность их водообмена гораздо ниже, чем активность водообмена поверхностных вод, и составляет 330 лет. Это обстоятельство говорит об их природной «чистоте» в отношении биологического загрязнения. Вместе с тем при антропогенном изменении их химического или биологического состава трудно ожидать ликвидации нежелательных нарушений под влиянием процессов самоочищения. Подземные воды имеют большие преимущества для питьевого водоснабжения, поэтому Водным кодексом Российской Федерации их расходование для иных целей, как правило, не допускается. Лишь в исключительных случаях, при достаточности их запасов, их использование для других целей может быть разрешено специальным распоряжением региональной исполнительной власти. Для обеспечения надежности источников питьевого водоснабжения из подземных вод очень важно, чтобы объемы их добычи не превышали возможностей эксплуатируемых водоносных горизонтов. Нарушение этого

правила, извлечение больших объемов воды неизбежно приведут к истощению водоносного горизонта, а возможно, и к изменению химического состава воды в результате перетока из выше- или нижележащих водоносных горизонтов.

### **Самоочищение поверхностных водоемов**

Несмотря на почти непрерывное поступление разнообразных загрязнений в поверхностные водоемы, прогрессированию загрязнения воды противостоят многочисленные природные физико-химические и биологические процессы, направленные на восстановление состояния водоема и получившие название «самоочищение».

Под самоочищением поверхностных водоемов подразумевают весь комплекс биологических, физических и химических процессов, которые обуславливают способность водоемов освобождаться от загрязнений, образовавшихся в результате распада аутохтонных (водных) организмов или вносимых со сточными водами.

Самоочищение водоемов происходит благодаря следующим процессам:

- 1) разбавлению сточных вод водой водоема;
- 2) седиментации (или оседания) взвешенных нерастворенных веществ и яиц гельминтов;
- 3) использованию (поеданию) органических веществ зоопланктоном, рыбами;
- 4) химическим превращениям (окислительно-восстановительным, гидролизу и т.д.);
- 5) биохимическому окислению растворенных, в том числе коллоидных, органических веществ биоценозом микроорганизмов и др.

Одним из наиболее мощных путей самоочищения водоемов является биохимическое окисление, направленное на уменьшение органического загрязнения воды. При поступлении в водоем вместе со сточными водами растворенных органических веществ, природного и антропогенного происхождения, они минерализуются благодаря жизнедеятельности сапрофитных водных микроорганизмов, фито- и зоопланктона.

Процессы биохимического окисления завершаются нитрификацией с образованием конечных продуктов распада – нитратов, карбонатов, сульфатов и пр. Для биохимического окисления органических веществ необходимо присутствие в воде растворенного кислорода. Запасы его восстанавливаются благодаря диффузии из атмосферного воздуха.

В водоеме должен присутствовать также биоценоз водных сапрофитных аэробных микроорганизмов. Биоценоз в зависимости от характера водоема, принимающего сточные воды, состоит из фито- и зоопланктона, различных видов рыб и других водных организмов. Специальными исследованиями установлено, что в 1 м<sup>3</sup> речной воды в летнее время содержится биоценоз микроорганизмов, общая поверхность которого равняется 5 м<sup>2</sup>.

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, обуславливающий

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  $\alpha$ -,  $\beta$ -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  $\alpha$ -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  $\beta$  – 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.

В процессе самоочищения водоемов не только окисляются органические вещества, но и отмирают патогенные, условно-патогенные и сапрофитные для кожи и слизистых оболочек человека микроорганизмы. Они гибнут вследствие уменьшения в воде питательных веществ, губительного действия солнечных лучей, конкурентных взаимоотношений с водной микрофлорой, бактерицидного действия антибиотических веществ, выделяемых грибами и другими водными сапрофитами, и т. д.

Весьма ограничена способность водоемов самостоятельно освобождаться от токсических химических веществ, поступающих в них, главным образом, со сточными водами промышленных предприятий. Относительно таких стойких загрязнителей, как тяжелые металлы, пестициды, другие хлорорганические соединения, способность водоема к самоочищению ограничивается процессами разбавления, сорбции на взвешенных веществах и активном иле с дальнейшей седиментацией и накоплением в донных отложениях.

Некоторые экзогенные химические вещества разрушаются в воде водоемов под действием солнечных лучей (фотолиз), вследствие гидролиза или деструкции, осуществляемой микроорганизмами. Следовательно, сброс в водоемы сточных вод с различным содержанием в них органических, бактериальных и химических загрязнителей приводит к неминуемому загрязнению водоема.

Процессы самоочищения протекают очень медленно и на значительных участках от места сброса сточных вод. Их

скорость зависит от мощности водоема, его состояния (уровня загрязнения) выше места выпуска сточных вод, количества загрязнителей, поступающих со сточными водами.

Способность водоема самоочищаться имеет пределы. В небольших и особенно непроточных водоемах способность к самоочищению незначительна. Исчерпывание способности к самоочищению вследствие продолжительного и чрезмерного поступления неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод неминуемо приведет к загрязнению водоема. А это при использовании ее населением для хозяйственно-питьевых или культурно-бытовых целей может привести к отрицательным последствиям для здоровья людей.

Загрязненным следует считать такой водный объект (или его часть), в котором состав и свойства воды изменены в результате техногенного воздействия настолько, что не могут удовлетворить требования того или иного водопотребителя. Гигиеническим критерием загрязненности водного объекта являются характер и степень изменения состава и свойств воды водного объекта, а также его эстетическое восприятие, ограничивающие питьевое, хозяйственно-бытовое или рекреационное водопользование.

Признавая неизбежность сброса сточных вод в водные объекты и возможность их загрязнения другими источниками, можно сформулировать задачу санитарной охраны водных объектов.

***Задача санитарной охраны водных объектов*** – контроль соблюдения гигиенических нормативов и требований к воде на тех участках водного объекта, в которых осуществляется питьевое, хозяйственно-бытовое или рекреационное водопользование населения, выявление причин их нарушения, установление причинно-следственных связей состояния

здоровья населения с нарушением санитарных правил и принятие санкций государственного надзора в отношении нарушителей водно-санитарного законодательства.

Поскольку водным кодексом РФ предусматривается первоочередное удовлетворение питьевых и бытовых нужд населения, гигиенические требования к состоянию водных объектов – источников питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования и качеству воды в них имеют приоритетное значение. Это положение в большой степени определяет место санитарно-эпидемиологического надзора в государственной системе охраны водных объектов от загрязнения и истощения.

### **Основные источники загрязнения водных объектов**

Основными источниками загрязнения водных объектов являются промышленные и городские сточные воды, дренажные воды с орошаемых земель, сточные воды животноводческих комплексов, организованный (ливневая канализация, дренажные воды) и неорганизованный поверхностный сток с территории поселений, промышленных площадок и сельскохозяйственных полей, водный транспорт.

*Сточными называются воды*, образующиеся в процессе хозяйственно-бытовой или производственной деятельности человека, или воды, сток которых осуществляется с загрязненной территории.

В результате спуска сточных вод или поступления загрязнений из других источников состав воды водного объекта может измениться. Как правило, сточные воды представляют собой сложную смесь компонентов самой различ-

ной химической природы и агрегатного состояния; нередко их температура выше температуры воды объекта, в который они поступают.

В сточных водах постоянно идут многообразные процессы трансформации, которые еще больше усложняются при смешении с природной водой. При этом в значительной мере нарушаются процессы естественного самоочищения природной воды. В частности, на всех континентах происходит антропогенное эвтрофирование водных объектов, особенно озер и водохранилищ (интенсивное развитие фитопланктона, зарастание прибрежных мелководий высшей водной растительностью). В результате в воде водного объекта развивается дефицит растворенного кислорода, восстановительные процессы приводят к ухудшению органолептических свойств воды – появлению неприятного запаха и вкуса, повышению цветности.

Причиной таких нарушений является повышенное поступление в водные объекты биогенных элементов – азота и фосфора с городскими сточными водами, поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий, промышленными сточными водами некоторых производств (молочные, сахарные, крахмальные заводы и пр.). Например, со стоками с полей может поступать до 20–40 % внесенного с удобрениями азота и более 1,5 % фосфора. Большое количество фосфора поступает в водные объекты с детергентами, широко применяемыми как в промышленности, так и в быту.

Своеобразной формой загрязнения водных объектов является *термальное загрязнение* – сброс нагретых вод из систем водяного охлаждения агрегатов тепловых и атомных электростанций, промышленных предприятий. Обычно температура сбрасываемых термальных вод на 5–13 °С, а в неко-

торых случаях – даже на 14–24 °С, выше природных. Сброс нагретых вод приводит к существенному изменению термического режима, уменьшению насыщенности воды кислородом, изменению циркуляции воды, что отрицательно влияет на гидробиологические процессы и в конечном счете приводит к ухудшению санитарных показателей воды.

На поверхности воды водного объекта за счет свободной энергии молекул воды образуется пленка поверхностного натяжения толщиной в одну или несколько молекул, способная удерживать мелкие организмы с несмачивающимися участками тела, частицы пыли. Ведущую роль в формировании этой пленки играют органические ПАВ, захватывающие с собой и другие загрязняющие компоненты.

В ветреную погоду поверхностная пленка сбивается в хлопья пены. Пена с большой активной поверхностью способна сорбировать и переносить различные загрязнения, как при флотационных процессах в промышленности. Эти особенности поверхностного слоя воды необходимо учитывать при осуществлении санитарного надзора за местами купания, водного спорта, а также при организации водозаборов для питьевых водопроводов.

### **Промышленные сточные воды**

Сточные воды промышленных предприятий, или промышленные сточные воды, подразделяются на 3 вида. К 1-му виду относятся производственные сточные воды, образующиеся в результате непосредственного использования воды в технологических операциях в качестве реагента, растворителя и т.п. Эти воды загрязнены теми веществами, которые участвуют в технологическом процессе.

2-й вид – воды от вспомогательных операций и процессов, образующиеся при поверхностном охлаждении технологической аппаратуры и силовых агрегатов. Эти воды, как правило, не загрязнены, но имеют повышенную температуру. Возможно непредвиденное загрязнение этих вод, например, при нарушении целостности змеевиков теплообменных аппаратов.

К 3-му виду относятся воды от подсобных и обслуживающих цехов (склады сырья и готовой продукции, транспортировка сырья, топлива, котельные и т.п.). Эти воды могут быть загрязнены самыми различными веществами и в разной степени.

Режим образования промышленных сточных вод, их состав и концентрация зависят от вида и количества вырабатываемой продукции, технологии производства, применяемого оборудования, числа рабочих смен и других факторов. Даже на предприятиях одного и того же производственного профиля состав и концентрация сточных вод могут значительно различаться.

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 мг/л; II – 500–5000 мг/л; III – 5000–30 000 мг/л; IV – свыше 30 000 мг/л.

По физико-химическим свойствам органических загрязняющих примесей производственные сточные воды подразделяют на имеющие температуру кипения до 120 °С,

120–250 °С и свыше 250 °С. По степени агрессивности загрязненные производственные сточные воды подразделяют на три группы: к первой группе относятся слабоагрессивные (слабокислые и слабощелочные) сточные воды; ко второй – сильноагрессивные (сильнокислые и сильнощелочные); к третьей – неагрессивные.

Загрязненные производственные сточные воды могут содержать токсичные и опасные в эпидемическом отношении вещества и примеси. Кроме того, среди загрязняющих веществ могут быть концентрированные отходы производств, не подлежащие отведению в канализационную сеть. 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, непроваренной 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, неравномерным, периодическим (например, залповый сброс отработанного электролита с травильных или гальванических ванн).

Условия отведения сточных вод от предприятий различны. Чаще всего на предприятиях устраивают отдельную канализационную сеть. Она способствует лучшему обеспечению локальной очистки сточных вод от различных загрязнений. Но в редких случаях на хозяйственно-бытовых и производственных предприятиях устанавливается одна общесплавная сеть.

Отдельную сеть предусматривают, например, для сточных вод: а) сильноминерализованных; б) кислых; в) щелочных; г) высокотоксичных; д) не содержащих высокотоксичных веществ и пр. 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. При крайнем разнообразии состава и свойств промышленных сточных вод большее санитарное значение имеют сточные воды наиболее водоемких производств или воды, несущие в себе загрязнения особенно опасные для здоровья человека и в большой мере ограничивающие питьевое и культурно-бытовое водопользование. Ниже приводится характеристика условий образования и состава сточных вод некоторых отраслей промышленности, загрязняющих водные объекты в наибольшей степени.

**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 регенера-

ции 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 крезолов – 0,001–0,002 мг/л.

Фенольные воды опасны для водоемов рыбохозяйственного назначения. При концентрации фенола в воде от 0,3 до 0,5 мг/л мясо рыб имеет специфический запах и привкус, а при концентрации его в воде от 5 до 20 мг/л рыба гибнет.

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 нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности.** Добыча и переработка нефти связаны с образованием огромного количества сточных вод. Постоянный рост добычи нефти, развитие водоемкой нефтеперерабатывающей промышленности влекут за собой дальнейшее увеличение их объемов. Углубление переработки нефти, возникновение на ряде заводов нефтехимических производств приводят к усложнению состава стоков, что затрудняет их очистку.

Основную массу сточных вод нефтепромыслов составляют пластовые воды. Их объем составляет 10–25 % добытой нефти. Для отделения пластовой воды нефть подвергают термо- и электрохимической обработке. Пластовые воды имеют разнообразный химический состав, который зависит от месторождения нефти. Сухой остаток исчисляется сотнями граммов на 1 л воды, содержит нефть (до 1200–2000 мг/л), взвешенные вещества (до 1500 мг/л) и сероводород.

Разнообразие технологических процессов на нефтеперерабатывающих заводах определяет сложность условий формирования и состава сточных вод, которых насчитывается до 10 видов. Все стоки поступают в две системы канализации, одна из которых объединяет воды, используемые в

оборотном водоснабжении, вторая – высокоминерализованные воды, требующие комплексной очистки.

Наибольшее санитарное значение имеют сточные воды электрообессоливающих установок. Содержание нефти в этих стоках достигает 30–40 г/л, хлоридов – 10–15 г/л. Высокая минерализация этих вод не позволяет использовать их в оборотном водоснабжении. Остальные виды сточных вод нефтеперерабатывающих заводов содержат нефтепродукты – от нескольких граммов до сотен миллиграммов на 1 л, парафины, сероводород, аммиак, меркаптаны, сульфиды, фенолы. БПК колеблется от 100 до 850 г O<sub>2</sub>/л, ХПК от 150 до 1700 г O<sub>2</sub>/л. При недостаточной очистке сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты, их влияние на водные объекты выражается в появлении нефтяной пленки на поверхности воды, отложении тяжелых нефтепродуктов на дне, появлении «керосинового» запаха в воде. При ветре нефтяная пленка сгоняется к берегам и загрязняет прибрежную растительность. Нефть, выпавшая на дно водного объекта, становится источником вторичного загрязнения. Даже в паводок река не освобождается от донных отложений, нефтяное загрязнение лишь растягивается по дну на большее расстояние. Запахи воды могут быть вызваны ничтожными количествами нефти; пороговые концентрации по запаху для большинства нефтепродуктов составляют 0,1–0,3 мг/л.

«Керосиновый» запах – один из тех показателей, на которые, прежде всего, жалуется прибрежное население и который препятствует использованию воды для хозяйственно-бытовых и рекреационных целей. Ниже спуска сточных вод нефтезаводов, даже без пленки нефтепродуктов на поверхности, «керосиновый» запах в летний период обнаруживается на расстоянии десятков километров, а зи-

мой – на значительно большем. Способность придавать воде запах положена в основу нормирования содержания нефтепродуктов в воде.

Для того, чтобы вода водного объекта ниже спуска сточных вод предприятий нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности в местах водопользования не имела запаха, необходимо освобождение сточных вод от плавающей, эмульгированной нефти, а в большинстве случаев и от растворенных нефтепродуктов, а также от сероводорода, сульфидов, фенолов. Спуск сточных вод нефтепромыслов, помимо загрязнения водных объектов нефтью, может вызвать засоление воды вследствие высокой минерализации пластовых вод.

С целью защиты водных объектов от загрязнения сточными водами нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих заводов необходимо проведение комплекса технологических и санитарно-технических мероприятий, в основе которого лежит максимальное использование очищенных стоков в оборотной системе водоснабжения. За последние десятилетия удельный расход воды на переработку нефти уменьшился примерно в 100 раз. Средние удельные расходы сточных вод на нефтеперерабатывающем заводе зависят от его профиля и колеблются от 2 до 3 м<sup>3</sup> на 1 т нефти; на передовых предприятиях они составляют 0,8–1,5 м<sup>3</sup>/т.

**Целлюлозно-бумажная промышленность** занимает важное место в хозяйственном комплексе страны. Получение целлюлозы, а также бумаги и картона – весьма водоемкий процесс. Целлюлозно-бумажные предприятия в среднем потребляют 300–350 м<sup>3</sup> воды на 1 тонну продукции, а по отдельным видам продукции – до 600 м<sup>3</sup>/т.

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 и бумаги, наполнители, красители, латексы, эмульсии, клейкие вещества и др. Они разного цвета, с высоким содержанием взвешенных и органических веществ, специфическим запахом. В технологическом отношении различают кислотный (сульфитный) и щелочной (сульфатный) способы получения целлюлозы. Сульфатный способ обеспечивает возможность получения целлюлозы не только из хвойных, но и из лиственных пород. Характерной особенностью сточных вод, образующихся при сульфатном способе получения целлюлозы, является высокое содержание разнообразных веществ: 33 % – неорганических (натрия сульфат, карбонат и хлорид, свободные щелочи) и 67 % – органических (в том числе: оксикислоты и лактоны – 33 %, фенолы, смоляные и жирные кислоты – 23,65 %, лигнин – 35,7 %, муравьиная кислота – 1 %, уксусная кислота – 0,7 %). Сточные воды сульфит-целлюлозного производства содержат 10 % неорганических и 90 % органических веществ. Среди неорганических веществ наиболее распространенные лигнинсульфоновые кислоты (48,4 %), моносахариды (30,4 %), полисахариды и продукты распада сахаров (15,8 %), смолы, белки (2,9 %), уксусная кислота (2,5 %).

Источниками органических веществ в сточных водах целлюлозно-бумажных и 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.

При канализовании предприятий целлюлозно-бумажной промышленности сточные воды разделяют на несколько потоков. Каждый поток подвергается локальной очистке от основных загрязнений. Несмотря на большие различия сточных вод отдельных цехов, как по составу, так и по концентрации, все они после локальной очистки должны подвергаться и биологической. Однако даже при 90–95 % технической эффективности биологических очистных сооружений (по БПК-5) очищенный сток имеет высокую цветность (до 400 градусов), запах исчезает при разведении в 200 раз, ХПК составляет 280–350 мгО<sub>2</sub>/л, БПК-5 – 15–20 мгО<sub>2</sub>/л. При сбросе таких вод в водные объекты даже на расстоянии ниже 20 км вода имеет неприятный запах, возрастает ее цветность, содержание взвешенных веществ увеличивается в десятки раз, резко снижается содержание растворенного кислорода.

**Сточные воды черной металлургии** образуются на собственно металлургическом, железорудном и коксохимическом производствах. Черная металлургия является крупнейшим потребителем воды. Даже несмотря на некоторое сниже-

ние удельного расхода воды на единицу продукции и развитие систем водооборота, в настоящее время на ее долю приходится до 15 % общего объема промышленного водопотребления.

На металлургических заводах около 75 % воды расходуется на охлаждение продукта или печей и машин. Наибольшее количество сточных вод образуется в доменном, сталеплавильном и прокатном цехах. В доменном цехе основное количество сточных вод образуется при очистке доменного газа, содержащего большое количество пыли и газообразных веществ. На 1 т чугуна приходится 20 м<sup>3</sup> сточных вод температуры 40–50 °С, имеющих бурую или темно-серую окраску и содержащих 1000–4000 мг/л взвешенных веществ. При охлаждении чугуна на разливочных машинах на 1 т чугуна образуется 3–4 м<sup>3</sup> сточных вод, содержащих взвешенные вещества (в среднем 2000 мг/л). На остальных агрегатах доменного цеха на 1 т чугуна также образуется 3–4 м<sup>3</sup> стоков, загрязненных взвешенными веществами.

Сточные воды сталеплавильного производства образуются в результате мокрой очистки газовых выбросов. Они загрязнены мелкодисперсными взвешенными веществами в концентрации от 50 до 1500 мг/л. В прокатных цехах вода используется в основном для охлаждения конструкций и механизмов, а также для смыва и транспортировки окалины. Содержание взвешенных веществ в стоках достигает 220 мг/л, масел – от 30 до 170 мг/л. К сточным водам металлургической промышленности относятся также те, которые образуются на горнообогатительных и агломерационных фабриках.

Сточные воды горнообогатительных фабрик содержат значительное количество взвешенных веществ и остаточные количества флотореагентов, в качестве которых используются органические вещества самых различных классов. Эта

вода обычно отстаивается в шламонакопителях и затем повторно используется в производстве.

Сточные воды агломерационных фабрик образуются при очистке отходящих газов, гидросмыве и гидротранспорте. Количество стоков 0,5–0,6 м<sup>3</sup> на 1 т агломерата, загрязнения представлены взвешенными веществами и солями кальция. Наиболее опасная в санитарном отношении категория сточных вод заводов черной металлургии образуется в травильных цехах при обработке кислотами поверхностей металлических изделий. При этом образуются отработанные травильные растворы и промывные воды. Количество травильных растворов составляет 0,5 м<sup>3</sup>, промывных вод – 3 м<sup>3</sup> на 1 т литья. Отработанные растворы содержат 30–100 г/л свободной серной кислоты, 100–300 г/л железного купороса, имеют температуру до 80 °С. Концентрация кислоты в промывных водах – 0,6–0,8 г/л, солей железа – до 2,5 г/л.

Влияние сточных вод заводов черной металлургии на водные объекты выражается, прежде всего, в увеличении содержания взвешенных веществ, крупнодисперсные фракции которых оседают вблизи выпуска и образуют мощные донные отложения, способные стать источником вторичного загрязнения воды. Мелкодисперсные фракции взвешенных веществ могут разноситься на большие расстояния и приводить к нарушению процессов естественного самоочищения. Кислые сточные воды, снижая щелочность воды, также способствуют нарушению санитарного режима водного объекта; в этом же направлении действует повышенная температура общего стока металлургического комбината. Токсичные вещества содержатся в таком стоке в относительно невысоких концентрациях, тем не менее они могут оказать неблагоприятное влияние на условия водопользова-

ния населения, так как общий объем стока весьма велик. Приведенные примеры свидетельствуют о крайнем разнообразии состава, объема и режима образования и отведения промышленных сточных вод. Даже на однопрофильных предприятиях характеристики сточных вод могут в значительной мере различаться из-за различного времени их строительства, обуславливающего особенности технологических процессов. Для эффективного санитарного надзора в области охраны водных объектов нужно знать методику гигиенического изучения промышленных сточных вод.

### **Городские сточные воды**

В результате использования населением водопроводной воды для удовлетворения культурно-бытовых и физиологических потребностей и последующего поступления использованной воды в канализационную сеть через санитарно-технические приборы образуются хозяйственно-бытовые сточные воды. Они загрязнены физиологическими выделениями человека, бытовыми, кухонными отходами, домовым мусором, в результате чего резко изменяются как их состав, так и свойства. Большое санитарное значение имеет поступление в общую канализационную сеть города сточных вод больниц, общественных бань. Прачечные, фабрики химчистки и другие предприятия коммунального хозяйства, а также промышленные предприятия, расположенные в городской черте, часто сбрасывают свои стоки в городскую канализацию.

В связи с этим сточные воды городской канализации называются **«городские сточные воды»**. Они представляют собой смесь хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. В целом по стране из общего объема водоотведе-

ния городских систем канализации промышленные сточные воды составляют 40 %. По физическому состоянию в составе городских сточных вод можно выделить нерастворимые примеси, среди которых крупная взвесь (размер частиц более 100 мкм), суспензии, эмульсии, пены (размер частиц от 100 до 0,1 мкм), коллоидные примеси (размер частиц от 0,1 до 0,001 мкм) и растворенные вещества – молекулярно-дисперсные частицы (размер частиц менее 0,001 мкм).

По химической природе загрязнения городских сточных вод делятся на минеральные (песок, глина, растворенные минеральные соли, кислоты и щелочи) и органические, которые в свою очередь могут быть растительного (основной элемент этого рода загрязнений – углерод) и животного происхождения со значительным количеством азотистых соединений. Из этой массы загрязнений на долю органических веществ приходится 58 %, на долю минеральных – 42 %.

Городские сточные воды имеют чрезвычайно высокую микробную загрязненность. Разнообразная микрофлора включает в себя дрожжевые и плесневые грибы, мелкие водоросли, яйца гельминтов, разнообразные бактерии и вирусы, в том числе патогенные. Количество бактерий в 1 мл бытовых сточных вод исчисляется миллионами и десятками миллионов, а титр кишечной палочки составляет 105–107 млн.

Промышленные сточные воды принимаются в городскую систему канализации с ограничениями. Не принимаются сточные воды, содержащие токсичные вещества, неблагоприятно влияющие на процесс биологической очистки, выделяющие взрывоопасные газы и т.п. Тем не менее, присутствие в городском стоке промышленных сточных вод сообщает ему разнообразие состава, неравномерность объема и концентрации.

## Поверхностный сток

Поверхностный сток с территорий населенных мест и промышленных площадок до недавнего времени относили к категории условно чистых вод. Выпуск поверхностного стока запрещался лишь на участках водных объектов, специально отведенных для купания.

Наблюдения последних лет показали, что дождевые и поливочно-мочные воды, стекающие с городских и промышленных территорий, являются существенным источником загрязнения водных объектов. С дождевым стоком в реку может вноситься до 36 % всех загрязнений.

Поверхностный сток складывается из дождевых, талых и поливочно-мочных вод. На его загрязненность влияют многие факторы, в первую очередь уровень благоустройства территории, плотность населения, интенсивность движения транспорта и пешеходов. Эти показатели постоянно изменяются в процессе урбанизации и социального развития городов, что обуславливает изменчивость характера и концентрации загрязнений поверхностного стока. Тем не менее, исследования разных авторов позволяют дать некоторую усредненную количественную характеристику загрязненности поверхностного городского стока.

Содержание взвешенных веществ составляет 1,5–6 г/л, БПК-5 – 40–120 мгО<sub>2</sub>/л, ХПК – 400–750 мгО<sub>2</sub>/л, нефтепродуктов – 20–25 мг/л. С большим постоянством в поверхностном стоке с городских территорий содержатся соединения тяжелых металлов, волокна асбеста. Коли-титр поверхностного стока в 10–100 раз выше, чем в бытовых сточных водах.

Поверхностный сток с промышленных площадок имеет, как правило, более сложный состав, а концентрация за-

грязнений в нем выше, чем в городском стоке. Содержание взвешенных веществ может достигать десятков граммов на 1 л. Высокие значения БПК наблюдаются в поверхностном стоке от предприятий легкой и пищевой промышленности – мясокомбинатов, кожевенных и молочных заводов, текстильных предприятий. С золоотвалов ТЭЦ атмосферными осадками вымываются фенолы, содержание которых в поверхностном стоке может достигать сотен миллиграммов в 1 л.

Формирующиеся в зонах выпусков поверхностных стоков донные отложения становятся вторичными источниками загрязнения воды соединениями тяжелых металлов, определяющими повышенное фоновое содержание в воде соответствующих ингредиентов. Образуя труднорастворимые комплексы, соединения тяжелых металлов практически не задерживаются на традиционных очистных сооружениях водопроводов.

### **Сельскохозяйственное производство**

Мощным источником загрязнения водных объектов является животноводство. Новые технологии производства молока и мяса на животноводческих комплексах промышленного типа предусматривают высокую концентрацию поголовья скота, бесподстилочное содержание животных, полную механизацию удаления навоза.

В этих условиях образуется жидкий навоз с влажностью более 90%, не способный к самонагреванию. Сроки выживания патогенных бактерий и яиц гельминтов в таком навозе увеличиваются и процессы минерализации органического загрязнения замедляются. Жидкий навоз состоит в основном из органических легкоокисляющихся веществ и в

этом отношении весьма сходен с бытовыми сточными водами. Различия сводятся к концентрации органических веществ: БПК-5 жидкого навоза крупного рогатого скота – более 7000 мгО<sub>2</sub>/л, свиней – около 20 000 мгО<sub>2</sub>/л, тогда как БПК-5 бытовых сточных вод при норме водопотребления 250 л/сут. составляет 150–200 мгО<sub>2</sub>/л.

С позиций охраны окружающей среды важен также и большой объем стоков от животноводческих предприятий. В настоящее время объем жидких отходов животноводческих комплексов в развитых странах уже значительно превышает количество городских сточных вод и имеет тенденцию к дальнейшему росту. Типовой комплекс крупного рогатого скота на 10 000 голов дает за сутки такое же количество органических веществ (в пересчете на БПК), как и город с населением 160 000 человек, а свинооткормочный комплекс на 100 000 свиней приравнивается в этом отношении к городу с населением 200 000 человек. Загрязнения от животноводческих комплексов могут поступать в водные объекты разными путями. Во всех случаях жидкий навоз подвергается механической очистке в навозохранилищах, представляющих собой громадные отстойники. Эти сооружения интенсивно загрязняют почву органическими веществами, сальмонеллами, яйцами гельминтов. Загрязнения в высоких концентрациях проникают в грунтовые воды. Жидкая фракция после отстойников либо подвергается двухступенчатой биологической очистке на сооружениях типа аэротенков, либо используется на сельскохозяйственных полях орошения различного типа дождевания с помощью машин разного устройства.

Из-за больших объемов жидкого навоза на относительно малой территории наблюдается тенденция к повышению нагрузок на очистные сооружения, норм полива.

Невозможность своевременной утилизации жидкого навоза приводит к переполнению навозохранилищ. В результате та часть субстрата, которая превышает ассимиляционные возможности окружающих полей, неизбежно должна поступить в грунтовые воды или поверхностные водные объекты. Особенно опасно аварийное загрязнение водных объектов – источников централизованного питьевого водоснабжения – при прорыве отстойников во время паводка.

Большое влияние на водные объекты оказывает и полеводство, основанное на широком и интенсивном использовании минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений и т.п. Происходит рассредоточенное и нерегулируемое их поступление в водные объекты на обширной территории, исключающее проведение санитарно-технических мероприятий. Единственным способом защиты водных объектов остается рациональная технология земледелия, учитывающая не только агрокультурные цели, но и задачи охраны окружающей среды.

Под рациональной технологией следует понимать соблюдение утвержденных доз, сроков и методов внесения агрохимикатов, ограничивающее их распространение за пределы обрабатываемого поля, а также соблюдение правил их хранения и транспортировки. Большое значение имеет и исключение применения агрохимикатов на территории водоохраных зон. Надежных способов обезвреживания агрохимикатов с истекшим сроком хранения или запрещенных к применению до сих пор нет.

## Водный транспорт

Водный транспорт также является серьезным источником загрязнения водных объектов. На судах образуются *фекальные (фановые), хозяйственно-бытовые и подсланевые сточные воды, возникающие в машинных отделениях.*

Фановые воды имеют высокое бактериальное (колититр  $10^{10}$ – $10^{12}$ ) и органическое загрязнение. Бактериальное загрязнение хозяйственно-бытовых сточных вод на судах несколько ниже (колититр  $10^6$ – $10^8$ ), органическое загрязнение незначительно.

Подсланевые воды содержат много нефтепродуктов и фенолов. Кроме сточных вод, серьезным источником загрязнения могут являться балластные воды судов танкерного флота, содержащие остатки перевозимых жидких грузов – нефтепродуктов, ядохимикатов и пр. Концентрация загрязняющих веществ в балластных водах невелика, но их объемы значительны. Аварии танкерного флота часто связаны с разливом перевозимых грузов.

Для осуществления действенного санитарно-эпидемиологического надзора в области санитарной охраны водных объектов необходимо знать критерии, которые бы позволили определить пределы техногенного и антропогенного воздействия на водный объект.

К критериям качества воды водного объекта относятся ПДК химических веществ и санитарные показатели состояния водных объектов. В основу современного водно-санитарного законодательства, направленного на гигиеническую регламентацию загрязнения водных объектов, положено представление о ПДК.

**ПДК химического вещества в воде водных объектов** называется максимальная концентрация, которая при воздействии на человека в течение всей его жизни прямо или опосредованно (через изменение органолептических свойств воды) не вызывает отклонений в состоянии организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами исследования сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений, а также не ухудшает гигиенические условия водопользования населения.

Теоретической базой этого определения является *принцип порогвости* биологического эффекта, который предполагает существование концентраций (или доз) химического агента, не проявляющих токсического или иного неблагоприятного влияния на организм по тому или иному признаку. С практических позиций порог токсического действия позволяет дать конкретные рекомендации для технологии и санитарной техники. Важно, какую степень биологической реакции организма считать пороговой.

Для характеристики ПДК, которая не должна приводить к ухудшению здоровья, сами собой отпадают нозологический и даже синдромологический уровни, свидетельствующие о явной патологической реакции организма, требующей лечебного воздействия. В современной отечественной гигиене утвердилось мнение, что за пороговый уровень воздействия должны быть приняты физиологические реакции, носящие приспособительный, адаптивный характер и свойственные здоровому организму; их следует отличать от компенсаторных физиологических реакций, целью которых является замещение нарушенной функции, а не адаптация здорового организма.

Несмотря на ясность в теоретическом плане, в практике гигиенического нормирования при оценке полученных экспериментальных данных обоснование пороговых доз (концентраций) остается одним из самых сложных вопросов. Достаточно обоснованная величина экспериментально установленной пороговой зоны при учете кумулятивных свойств вещества и его стабильности дает возможность исследователю предложить и подпороговую (недействующую) дозу по санитарно-токсикологическому показателю.

Вторым принципом гигиенического нормирования являются необходимость и возможность использования биологических моделей для обоснования степени вредности и опасности нормируемого агента (вещества). Нельзя получить сведения о степени и характере токсичности химического вещества непосредственно для человека в силу соображений гуманности. Этому не способствуют и наблюдения из санитарной практики, поскольку исследователь имеет дело с новыми, ранее неизвестными веществами. Они должны получить соответствующую гигиеническую оценку до применения в хозяйственной деятельности. Единственно возможным путем изучения токсических свойств вещества с гигиеническими целями является санитарно-токсикологический эксперимент на биологических моделях, в качестве которых используются теплокровные лабораторные животные (млекопитающие).

Адекватность биологических моделей для изучения реакций человека на химическое воздействие подтверждается многолетним опытом фармакологии. Неблагоприятное действие химического фактора в воде водных объектов складывается из прямого токсического эффекта, изменения органолептических свойств воды и нарушения санитарного режима водных объектов.

Рекомендуемая ПДК должна гарантировать отсутствие неблагоприятного влияния на человека по всем трем направлениям. Это условие обеспечивается соблюдением третьего принципа – учета лимитирующего показателя вредности. Лимитирующим показателем вредности называется тот из трех показателей (санитарно-токсикологический, органолептический и общесанитарный), который имеет наименьшую абсолютную пороговую (подпороговую) концентрацию, т.е. тот показатель, по которому устанавливается ПДК. Введение понятия «лимитирующий показатель вредности» обеспечивает санитарную надежность ПДК вещества по остальным двум показателям вредности.

Четвертый принцип гигиенического нормирования – проверка результата эксперимента, ПДК, наблюдения в условиях практической деятельности санитарной службы. ПДК, как и все результаты экспериментальных исследований в любой отрасли науки, является лишь приближением к истине в той мере, которую допускают примененные методы исследования. Единственный достоверный критерий истины – практика. С учетом этого принципа в свое время были пересмотрены и снижены ПДК свинца и мышьяка, повышены ПДК цинка и стабильного стронция, уточнены ПДК ряда алифатических спиртов.

Указанные принципы легли в основу методической схемы экспериментальных исследований по гигиеническому нормированию химических веществ в воде водных объектов, предложенной в 1945 г. проф. С.Н. Черкинским, которая с накоплением опыта наполнялась новым содержанием и совершенствовалась.

Исследования по гигиеническому нормированию вещества следует начинать с изучения его стабильности и транс-

формации в водной среде. Изучение стабильности и трансформации вещества в водной среде имеет целью определить продолжительность его сохранения в воде в неизменном виде и установить скорость его распада или превращения.

Существенное значение имеет определение роли факторов в наибольшей степени влияющих на освобождение воды от химического загрязнения. Предварительное изучение физико-химических свойств и структуры вещества позволяет составить представление о возможных изменениях его структуры и свойств в водной среде, а также о влиянии вещества на санитарные показатели качества воды и наметить план и содержание эксперимента.

Эксперимент, как правило, должен проводиться в условиях, ограниченных потребностями санитарной практики. С учетом этого принципа исследуют концентрации вещества и параметры факторов среды, влияющих на превращение вещества, а также время их воздействия. Наиболее объективной характеристикой стабильности вещества является время его полураспада –  $T_{50}$  (время, за которое его концентрация в водной среде снижается вдвое). По этому показателю вещества делятся на стабильные ( $T_{50} > 2$  сут.), умеренно стабильные ( $T_{50} = 1-2$  сут.) и нестабильные ( $T_{50} < 1$  сут.).

Если установлено, что вещество стабильно, исследования в этом направлении прекращают и переходят к следующему этапу исследований. Если вещество нестабильно или умеренно стабильно, на последующих этапах эксперимента должно быть предусмотрено также изучение наряду с исходным веществом продуктов его трансформации.

В отношении прямого (токсического) влияния необходимо не только определить пороговую, но и экспериментально установить максимальную недействующую (подпо-

роговую) концентрацию. Пороговые концентрации вещества по органолептическому признаку вредности устанавливаются относительно запаха, вкуса, окраски, которые вещество способно придавать воде, а также относительно способности вещества к пенообразованию.

Принципиальное значение имеет взгляд на запах, привкус, окраску и т.д. не как на физические, а как на органолептические свойства воды, т.е. свойства, воспринимаемые органами чувств человека. Влияние вещества на запах и вкус воды изучают в эксперименте на людях добровольцах. Конечной целью этого раздела исследования является установление такой концентрации изучаемого вещества, при которой его влияние на органолептические свойства воды еще не ограничивает ее использование для питьевых, хозяйственно-бытовых и рекреационных нужд.

Теоретической основой поиска пороговых концентраций по этим признакам является психофизический закон Вебера–Фехнера, согласно которому интенсивность ощущения пропорциональна логарифму концентрации вещества (в данном случае в воде).

Добровольцы – участники эксперимента – оценивают запах или привкус растворов исследуемого вещества разной концентрации. По графику в осях «интенсивность ощущения (в баллах)» – «логарифм концентрации вещества» определяют концентрации вещества, которые сообщают воде запах (привкус) силой в 1 балл. Эта величина считается пороговой концентрацией по изучаемому признаку.

Пороговые концентрации веществ по окраске и пенообразованию устанавливаются в лабораторных экспериментах. За пороговую по окраске принимается концентрация вещества, не дающая видимой глазом окраски столба воды высотой 10 см.

За пороговую концентрацию по способности к пенообразованию принимается концентрация, при которой после стандартного взбалтывания в цилиндрах вместимостью 1000 мл отсутствует крупнопузырчатая пена, а высота мелкопузырчатой у стенок цилиндра не превышает 1 мм. Наименьшая из полученных пороговых величин рекомендуется как пороговая концентрация по органолептическому признаку вредности.

Затем изучают влияние вещества на санитарный режим водного объекта или на процессы естественного самоочищения от органического природного и антропогенного загрязнений. Это влияние может проявиться либо торможением биохимических процессов самоочищения вследствие биоцидных свойств вещества, либо нарушением кислородного режима, если исследуемое вещество способно к быстрому химическому или биохимическому окислению.

Конечный результат воздействия будет один и тот же – развитие в водном объекте гнилостных анаэробных процессов, образование поверхностных пленок, всплывание осадка, появление грибковых и водорослевых обрастаний. В результате водный объект может стать непригодным не только для питьевого водоснабжения, но и для купания, водного спорта и прочих культурно-бытовых целей. Представление о влиянии вещества на санитарный режим водного объекта складывается из изменения биохимического потребления кислорода и нитрификации органических загрязнений под влиянием различных концентраций вещества.

Эксперименты проводят в лабораторных условиях для нахождения концентрации вещества, дающей пороговый эффект по общесанитарному признаку вредности. За пороговый эффект принимается отклонение кривых динамики

БПК или нитрификации от контроля, не выходящее за пределы  $\pm 15\%$ .

Наиболее сложным и трудоемким разделом комплексной программы исследования вещества с целью гигиенического нормирования является изучение его токсических свойств. Цель этих исследований – установление максимальной недействующей дозы вещества и сложность ее достижения обуславливают этапность токсикологических экспериментов. Исследования начинают с так называемых острых токсикологических опытов: вещество вводят животным однократно внутрижелудочно с помощью зонда в дозах, способных дать смертельный эффект. Целью этих опытов является определение степени токсичности вещества, диапазона токсического действия, видовой и половой чувствительности лабораторных животных.

С помощью статистических методов определяют среднесмертельную дозу (LD50), которая служит мерой токсичности и используется для сравнения токсичности различных веществ. Во время острых опытов проводят те или иные функциональные физиологические или биохимические пробы. Результаты этих исследований наряду с клинической картиной интоксикации и сроками гибели животных позволяют составить ориентировочное представление о характере токсического действия веществ, механизме интоксикации.

На втором этапе исследований в подострых токсикологических экспериментах решают две задачи. Первая из них – определение выраженности кумулятивных свойств вещества, вторая – изучение механизма, патогенеза интоксикации. В этих экспериментах, как правило, испытываются десятые и сотые доли LD50. Выбранные дозы вещества вводятся ежедневно внутрь животным нескольких групп в течение 10–60 дней. Об

эффекте кумуляции судят по числу летальных исходов или по изменениям функционального состояния животных. В конце эксперимента вычисляют коэффициент кумуляции. В других сериях подострых опытов изучают патогенетические механизмы интоксикации. При выборе доз, видов лабораторных животных, планировании режима, способа и длительности экспозиции, подборе регистрируемых показателей функционального состояния организма животных и тестов, по которым они оцениваются, исходят из результатов острых опытов и данных литературы (токсикологической и клинической) о токсическом действии веществ, сходных с изучаемым по химической структуре.

Взаимодействие химического агента и организма оценивают по показателям токсикодинамики (функциональное состояние организма) и токсикокинетики (распределение, накопление и выведение вещества), а результаты эксперимента должны дать представление о патогенетических механизмах интоксикации.

Результаты острых и подострых токсикологических опытов служат основой для планирования наиболее ответственного заключительного этапа токсикологических исследований – хронического санитарно-токсикологического эксперимента. Его сущность – определить дозу исследуемого вещества, не вызывающую при длительном (хроническом) поступлении в организм отклонений в его состоянии, выходящих за пределы адаптационных физиологических реакций. Она получила название максимальной недействующей дозы (МНД), или подпороговой. Для убедительного ее обоснования в том же эксперименте нужно установить действующую дозу и пороговую дозу. В хроническом эксперименте испытывают минимум 3 дозы.

При выборе методов оценки функционального состояния организма лабораторных животных основываются на результатах подострых опытов, отбирая наиболее характерные, патогенетически обусловленные тесты, а также тесты, свидетельствующие об иммунобиологических реакциях организма, взаимодействии функциональных систем – так называемые неспецифические, интегральные показатели. Практика гигиенического нормирования показывает, что минимально действующие, пороговые и максимальные недействующие дозы при длительном введении вещества находятся в диапазоне от 0,01 до 0,000001 LD50 в зависимости от выраженности кумулятивных свойств вещества.

Достоверность и объективность устанавливаемой при этом пороговой и максимальной недействующей доз должны основываться на внимательном анализе незначительных изменений реакции животных на введение вещества в сопоставлении с результатами подострых экспериментов по тестам, взятым для оценки его биологического действия. Трудность учета и оценки незначительных и неустойчивых отклонений функций организма в хроническом санитарно-токсикологическом эксперименте требует применения при анализе его результатов методов вариационной статистики.

Широко используют методы вычисления средней арифметической и ее стандартной ошибки, различные методы корреляционного и регрессионного анализа, дисперсионный и дискриминационный анализ и др. Статистические методы позволяют обнаружить связь между изменениями отдельных тестов, исследованных в эксперименте, и облегчают построение патофизиологической модели процесса интоксикации.

Такой подход к анализу результатов токсикологических экспериментов обеспечивает объективность и надежность получаемых пороговых и подпороговых концентраций. В подостром и хроническом экспериментах наряду с изучением общетоксического действия исследуют так называемые отдаленные последствия.

Под **отдаленными последствиями** понимают изменение репродуктивной функции у животных, появление новообразований, атеросклеротических изменений. Влияние на репродуктивную функцию нужно изучить во всем его многообразии (гонадотоксическое, эмбриотоксическое действие, влияние на постнатальное развитие потомства). Оценивают также аллергенные свойства вещества.

За недействующую (подпороговую) концентрацию вещества по санитарно-токсикологическому признаку вредности принимают концентрацию, не дающую как общетоксических, так и отдаленных эффектов. Когда известны все пороговые и подпороговые концентрации, наименьшую по абсолютной величине предлагают в качестве предельно допустимой. Показатель, по которому установлена ее наименьшая абсолютная величина, назван **лимитирующим показателем вредности**.

Утвержденные нормативы используют в практике государственного санитарно-эпидемиологического надзора, проектных и строительных организаций. ПДК публикуют в виде нормативного документа (государственные нормативы).

Влияние вещества на органолептические свойства воды и санитарный режим водного объекта при использовании расчетного или экспресс-экспериментального метода прогноза токсичности изучают обычным путем. Результатом таких исследований является ОДУ.

**ОДУ вещества в воде водных объектов** – временный гигиенический норматив, разработанный на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применяемый только на стадии санитарного надзора за проектированием или строительством объектов. В методической схеме исследований предусмотрены не только экспериментальные приемы гигиенического нормирования, но и комплексные гигиенические наблюдения в районе ниже спуска промышленных сточных вод. С внедрением экспериментального метода гигиенической оценки химических веществ возможность выявления зависимости между уровнем их содержания в воде водного объекта и состоянием здоровья населения стала более реальной. В этих условиях уже известны лимитирующие показатели вредности загрязняющих водный объект веществ, а также характер и степень их токсического действия, что позволяет проводить натурные наблюдения более целенаправленно. Сопоставления концентраций химических и биологических компонентов воды водного объекта с гигиеническими нормативами недостаточно для полной оценки неблагоприятного влияния водного фактора на здоровье и условия жизни населения. Необходима комплексная оценка санитарного режима водного объекта и процессов самоочищения в нем.

Комплексную оценку осуществляют с помощью санитарных показателей. **Санитарный показатель состояния водного объекта** – химическая, биохимическая или иная характеристика, отражающая санитарный режим водного объекта. Совокупность санитарных показателей позволяет оценить возможность использования водного объекта в качестве источника питьевого водоснабжения, в хозяйственно-бытовых или рекреационных целях. Санитарных показате-

телей много, но для санитарной практики наибольшее значение имеют показатель кислородного режима водного объекта (содержание в воде растворенного кислорода), косвенные показатели содержания нестабильных органических веществ (перманганатная окисляемость, БПК), содержание стабильных окисляющихся веществ (бихроматная окисляемость, ХПК), соотношение содержания продуктов окисления белковых веществ – ионов аммония, нитритов, нитратов, взвешенных веществ. Абсолютные величины перечисленных показателей, свойственные каждому водному объекту, изменяются во времени в зависимости от метеорологических и климатических условий, поэтому для них нет гигиенических нормативов. Рассмотрение комплекса этих показателей во времени, а также с учетом влияния антропогенного воздействия помогает решению многих практических задач санитарной охраны водных объектов и питьевого водоснабжения.

В случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ 1-го и 2-го классов опасности, характеризующихся одинаковым механизмом токсического действия, в т.ч. канцерогенных, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу. Расчет ведется по формуле

$$\frac{C_{1\text{факт.}}}{C_{1\text{доп.}}} + \frac{C_{2\text{факт.}}}{C_{2\text{доп.}}} + \dots + \frac{C_{n\text{факт.}}}{C_{n\text{доп.}}} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, C_n$  – концентрация химических веществ 1-го и 2-го класса опасности: факт. (фактическая) и доп. (допустимая, ПДК).

Нормативы качества воды в водоемах устанавливаются в зависимости от характера использования водных объектов для хозяйственных целей. Водные объекты или их участки делят на две категории водопользования.

**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. **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.

### **Условия спуска сточных вод в поверхностные водоемы**

В целях охраны водных объектов от загрязнения не допускается сбрасывать в водные объекты сточные воды (производственные, хозяйственно-бытовые, поверхностно-ливневые и т.д.), которые:

1) могут быть устранены путем организации малоотходных производств, рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторно-водоснабжения после соответствующей очистки и обеззараживания в промышленности, городском хозяйстве и для орошения в сельском хозяйстве;

2) содержат возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы.

Сточные воды, опасные по эпидемиологическому критерию, могут сбрасываться в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания до числа термотолерантных колиформных бактерий  $\leq 100$  КОЕ/100 мл, числа общих колиформных бактерий  $\leq 500$  КОЕ/100 мл и числа колифагов  $\leq 100$  БОЕ/100 мл;

3) содержат вещества (или продукты их трансформации), для которых не установлены гигиенические ПДК или ОДУ, а также отсутствуют методы их определения;

4) содержат чрезвычайно опасные вещества, для которых нормативы установлены с пометкой «отсутствие».

Не допускается сброс промышленных, сельскохозяйственных, городских сточных вод, а также организованный сброс ливневых сточных вод в пределах первого пояса зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения; в черте населенных пунктов; в пределах первого и второго поясов округов санитарной охраны курортов, в местах туризма, спорта и массового отдыха населения; в водные объекты, содержащие природные лечебные ресурсы; в пределах второго пояса зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, если содержание в них загрязняющих веществ и микроорганизмов превышает установленные настоящими санитарными правилами гигиенические нормативы.

Не допускается сбрасывать в водные объекты, на поверхность ледяного покрова и водосборную территорию пульпу, снег, кубовые осадки и другие отходы и мусор, формирующиеся на территории населенных мест и производственных площадок.

Не допускается осуществлять молевой сплав леса, а также сплав древесины в пучках и кошелях без судовой

тяги на водных объектах, используемых населением для питьевых, хозяйственно-бытовых и рекреационных целей; производить мойку автотранспортных средств и других механизмов в водных объектах и на их берегах, а также проводить работы, которые могут явиться источником загрязнения вод; утечки от нефте- и продуктопроводов, нефтепромыслов, а также сброс мусора, неочищенных сточных, подсланевых, балластных вод и утечки других веществ с плавучих средств водного транспорта.

Сброс сточных вод с судов допускается после очистки и обеззараживания на судовых установках, разрешенных к эксплуатации органами и учреждениями государственной санитарно-эпидемиологической службы, за пределами 1-го и 2-го поясов зон санитарной охраны источников централизованного питьевого водоснабжения и вне черты населенных мест.

Сброс, удаление и обезвреживание сточных вод, содержащих радионуклиды, должен осуществляться в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности.

Проведение строительных, дноуглубительных и взрывных работ, добыча полезных ископаемых, прокладка коммуникаций, гидротехническое строительство и любые другие работы, включая реабилитационные, на водоемах и в зонах санитарной охраны допускаются только при положительном заключении органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы.

Предоставление отдельных водоемов, водотоков или их участков в обособленное водопользование для конкретных хозяйственных целей, в т.ч. для охлаждения подогретых вод (пруды-охладители), создание лесотоварных баз и др. производится только вне 1-го и 2-го поясов зоны санитарной охраны источников.

Отведение поверхностного стока с промплощадок и жилых зон через дождевую канализацию должно исключать поступление в нее хозяйственно-бытовых, производственных сточных вод и промышленных отходов.

К отведению поверхностного стока в водные объекты предъявляются такие же требования, как к сточным водам. Сточные воды, которые технически невозможно использовать в системах повторного, оборотного водоснабжения в промышленности, городском хозяйстве, для орошения в сельском хозяйстве и других целей, допускается отводить в водные объекты после очистки и соблюдения нормативов качества воды в пунктах водопользования. Т.е. при невозможности избежать сброса сточных вод в поверхностные водоемы нужно в каждом конкретном случае расчетным путем определить условия их выпуска, которые бы гарантировали охрану поверхностного водоема от загрязнения.

Иначе говоря, в поверхностный водоем разрешается сбрасывать сточные воды лишь в том случае, если они при смешивании и разведении с водой водоема: а) не оказывают неблагоприятного воздействия на физические свойства и органолептические показатели качества воды; б) не превышают допустимого предела минерального состава воды; в) не нарушают процессов самоочищения в водоеме; г) не вносят в водоем патогенных микроорганизмов, цист простейших, яиц гельминтов; д) не повышают содержания вредных веществ до уровней, опасных для здоровья населения, использующего воду для хозяйственно-питьевых нужд.

***Под определением условий выпуска сточных вод в водоем*** подразумевают нахождение расчетным путем допустимой степени их загрязнения, при которой они могут

быть отведены в конкретный водоем с сохранением при этом качества воды в контрольном створе водоема.

Определяя условия выпуска сточных вод, следует учитывать, что в пределах населенных пунктов их сброс в поверхностные водоемы запрещен. Относительно населенного пункта место сброса сточных вод в водоем должно размещаться ниже его границы с учетом возможности обратного движения воды в водоеме при нагонных ветрах.

Определяя места сброса сточных вод в проточные и малопроточные водоемы (озера, пруды, водохранилища и др.), нужно учитывать метеорологические и гидрологические условия. В соответствии со ст. 18 Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии» (№ 52-ФЗ от 30.03.1999 г.) для охраны водных объектов, предотвращения их загрязнения и засорения устанавливаются согласованные с органами, осуществляющими федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, нормативы допустимых вредных воздействий на водные объекты и нормативы допустимых сбросов химических, биологических веществ и микроорганизмов в водные объекты.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты (допустимого совокупного воздействия всех источников, расположенных в пределах речного бассейна или его части, на водный объект или его часть) разрабатываются и утверждаются по водному объекту или его участку в соответствии с гидрографическим и/или водохозяйственным районированием в целях поддержания поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства, в том числе:

1) для обеспечения устойчивого функционирования естественных или сложившихся экологических систем, со-

хранения биологического разнообразия и предотвращения негативного воздействия в результате хозяйственной и иной деятельности;

2) сохранения или улучшения состояния экологической системы в пределах водных объектов или их участков;

3) сведения к минимуму последствий антропогенных воздействий, создающих риск возникновения необратимых негативных изменений в экологической системе водного объекта;

4) обеспечения устойчивого и безопасного водопользования в процессе социально-экономического развития территории.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты предназначены для установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ, а также других показателей, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

Утвержденные в установленном порядке нормативы допустимого воздействия на водные объекты используются при решении вопросов, связанных:

1) с разработкой схем комплексного использования и охраны водных объектов, водохозяйственных балансов, планированием водохозяйственных и водоохраных мероприятий;

2) установлением и корректировкой нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей;

3) осуществлением государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов;

4) оценкой воздействия на окружающую среду (ОВОС) при разработке предпроектной и проектной документации;

5) размещением, проектированием, строительством и реконструкцией хозяйственных и иных объектов, оказывающих влияние на состояние водных объектов;

6) решением других вопросов в области использования и охраны водных объектов.

***Нормативы допустимых сбросов веществ (НДС)*** – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды. Т.е. под нормативом допустимого сброса (НДС) веществ в водный объект подразумевают массу вещества в сточных водах (г/сут., т/год), максимально допустимую к отведению в водоем с установленным режимом в данном пункте водного объекта.

Рассчитывают НДС с целью обеспечения санитарно-гигиенических норм качества воды в пунктах водопользования, ассимиляционной способности водного объекта и оптимального распределения массы вещества между потребителями, сбрасывающими сточные воды. В каждом случае предусмотрено осуществление расчетов условий выпуска сточных вод, т.е. НДС, в конкретный водоем.

При этом обязательно учитывают:

1) степень возможного смешения и разбавления сточных вод водой поверхностного водоема на участке от места сброса сточных вод до расчетных (контрольных) створов самых ближайших пунктов хозяйственно-питьевого, куль-

турно-бытового или рыбохозяйственного назначения (гидрологическая характеристика водоема);

2) фоновое качество воды поверхностного водоема выше рассматриваемого места сброса сточных вод;

3) нормативы качества воды поверхностных водоемов соответствующей категории водопользования.

Предположим, что очищенные и обеззараженные сточные воды в количестве  $q$  ( $\text{м}^3/\text{сут.}$ ) нужно отвести от населенного пункта или отдельно расположенного объекта (промышленного предприятия) в ближайший водоем. Водоем имеет определенный расход воды  $Q$  ( $\text{м}^3/\text{сут.}$ ) и соответствующую фоновую концентрацию ( $C_p$ ) загрязнений: микробиологических, химических, БПК и пр.

Необходимо определить расчетным путем качество сточных вод ( $C_{ст}$ ), с которым их можно разрешить сбросить в водоем и при этом гигиенические нормативы ( $C_{пдк}$ ) в расчетном (контролируемом) створе водоема нарушены не будут. При выполнении расчетов важно учесть также условия возможного разведения и смешивания сточных вод речной водой, определяемые коэффициентом смешения ( $a$ ). Коэффициент смешения ( $a$ ) учитывает все гидрологические характеристики водного объекта, в том числе расстояние от места сброса сточных вод до контрольного (расчетного) створа водопользования.

Проведение расчетов основывается на том, что суммарное количество загрязнений, состоящее из фоновой концентрации в водоеме выше места предполагаемого сброса ( $Q \times a \times C_p$ ) и количества загрязнений, сбрасываемых со сточными водами ( $q \times C_{ст}$ ), не должно превышать предельно допустимой концентрации во всем объеме воды:

$$Q \times a \times C_p + q \times C_{ст} \leq (Q \times a + q) \times C_{ПДК}.$$

Решение уравнения относительно  $C_{ст}$  дает

$$C_{ст} = \frac{a \times Q (C_{ПДК} - C_p) + C_{ПДК} \times q}{q}.$$

По этой формуле рассчитывают концентрацию загрязняющего вещества в объеме сточных вод ( $q$ ), при которой они могут быть выпущены в конкретный водоем с расходом воды ( $Q$ ) и при коэффициенте смешивания ( $a$ ). Сброс таких сточных вод теоретически гарантирует, что качество воды в створе водоема на расстоянии 1 км выше ближайшего пункта водопользования будет отвечать требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

Указанная формула дает возможность также рассчитать условия спуска сточных вод по содержанию сухого остатка, сульфатов, хлоридов, любого химического вещества, ПДК которого установлена по санитарно-токсикологическому или другому лимитирующему признаку вредности. В большинстве случаев сточные воды, сбрасываемые в водоемы, одновременно содержат до нескольких десятков химических веществ.

Последние, попав в организм человека вместе с питьевой водой, оказывают комбинированное действие. Следствием такого действия на организм человека может быть суммирование вредных эффектов, возможность которого обязательно нужно учитывать и предвидеть.

Эффектом суммирования обладают химические вещества, ПДК которых в водоеме установлена по одинаковому лимитирующему признаку – санитарно-токсикологическому,

и которые принадлежат по параметрам токсикометрии к 1-му и 2-му классам опасности.

В этом случае сумма соотношений фактических концентраций каждого токсического вещества в воде водоемов к ее ПДК не должна превышать единицы.

### **Мероприятия по охране водных объектов от загрязнения**

Комплекс мероприятий по санитарной охране водных объектов включает: законодательные, планировочные, технологические и санитарно-технические мероприятия.

#### ***Законодательные мероприятия***

Законодательные мероприятия – это свод законов и законодательных государственных актов (или официальных документов), в которых отображены политика правительства страны, стратегия и тактика деятельности органов исполнительной власти, учреждений, ведомств, индивидуальных предприятий, юридических лиц 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.

Водные ресурсы нашей страны в соответствии со ст. 9 Конституции Российской Федерации используются и охра-

няются как основа жизни и деятельности народов, проживающих на ее территории.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации (№ 74-ФЗ от 03.06.2006) водные объекты и их водные ресурсы являются федеральной государственной собственностью. Охрана водных объектов от загрязнения, засорения и истощения носит государственный характер. Водным кодексом обязанность осуществления мероприятий, направленных на охрану водных объектов, возложена на граждан и юридических лиц, осуществляющих те или иные виды водопользования.

Государственный контроль использования, охраны и восстановления водных объектов и их водных ресурсов осуществляется федеральными органами исполнительной власти. Среди всех видов водопользования Водный кодекс отдает приоритет питьевому и хозяйственно-бытовому водопользованию и утверждает, что для этих целей должны использоваться защищенные от загрязнения и засорения водные объекты. Оценку пригодности водного объекта для питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования Водный кодекс возлагает на государственный орган санитарно-эпидемиологического надзора.

Таким образом, санитарная охрана водных объектов питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного назначения является частью государственной системы мер по эксплуатации и охране водных ресурсов страны.

Водные объекты, используемые в целях питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения, для купания, занятий спортом, отдыха, в лечебных целях, в том числе водные объекты, расположенные в черте городских и сельских поселений, в соответствии со ст. 18 Федерального Закона

«О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (№ 52-ФЗ от 30.03.1999) не должны являться источниками биологических, химических и физических факторов вредного воздействия на человека.

Критерии безопасности и безвредности для человека водных объектов устанавливаются санитарными правилами. При этом использование водного объекта допускается при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии водного объекта санитарным правилам и условиям безопасного для здоровья населения использования водного объекта. Для охраны водных объектов, предотвращения их загрязнения и засорения устанавливаются нормативы предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты, нормативы предельно допустимых сбросов химических, биологических веществ и микроорганизмов в водные объекты.

Кроме того, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, индивидуальные предприниматели и юридические лица в случае, если водные объекты представляют опасность для здоровья населения, обязаны в соответствии с их полномочиями принять меры по ограничению, приостановлению или запрещению использования указанных водных объектов.

В настоящее время отношения в области санитарной охраны водных объектов регулируются также Федеральным Закон «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ от 10.01.2002).

Ответственность за нарушения водного законодательства регламентируется соответствующими статьями Уголовного кодекса, Гражданского кодекса, а также Кодекса об административных правонарушениях.

Санитарно-эпидемиологическая служба страны располагает развитой законодательной и нормативной право-

вой базой для предупреждения неблагоприятного влияния водных объектов на здоровье и условия жизни населения.

### *Технологические мероприятия*

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.

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 оборотное 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.

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 м<sup>3</sup> свежей воды, а при оборотном водоснабжении – лишь 165 м<sup>3</sup>.

В некоторых отраслях промышленности реально создание бессточных предприятий на основе замкнутых водооборотных циклов. Примером утилизации ценных веществ, содержащихся в сточных водах, является извлечение товарных продуктов хлорида кальция и хлорида аммония из фильтровой жидкости при производстве соды, 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.

### ***Планировочные мероприятия***

Планировочные мероприятия заключаются в научном обосновании, разработке и внедрении:

1) санитарно-защитных разрывов между водоемами и объектами промышленности, которые в результате деятельности могут привести к загрязнению водоемов, т.е. регулировании взаиморасположения мест водозабора и сброса сточных вод;

2) зон санитарной охраны водопроводов из подземных и поверхностных водоисточников.

Береговую полосу поверхностных водоемов выделяют исключительно для общественного использования. Ее озеленяют; ограничивают определенным образом сельскохозяйственное использование склонов. Благодаря таким ме-

рам 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.

3) районного канализования в масштабах промрайона или бассейна водного объекта, т.е. проектировании канализации в масштабе промышленного района, позволяющем сгруппировать промышленные объекты по признаку общности состава сточных вод, а также выделить бассейны водных объектов, в которые преимущественно направляются сточные воды, в то время как другие используются для питьевого и технического водоснабжения;

4) переброски сточных вод через водораздел в бассейн другого водного объекта;

5) выделения площадей для почвенного обезвреживания сточных вод.

### *Санитарно-технические мероприятия*

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.

Санитарно-технические мероприятия, или очистка сточных вод, играют основную роль в предупреждении за-

грязнения водных объектов городскими (бытовыми) сточными водами. Очистка городских сточных вод проблему охраны водных объектов от загрязнения радикально не решает, но может предотвратить попадание в водные объекты 85–90 % загрязнений.

Очистка создает предпосылки для эффективного обеззараживания городских сточных вод, в результате чего они становятся эпидемически безопасными.

### ***Задачи, стоящие при очистке городских сточных вод:***

1) освобождение сточной жидкости от взвешенных минеральных и органических веществ (механическая очистка);

2) освобождение от растворенных и коллоидных органических веществ (биологическая очистка);

3) освобождение от патогенной микрофлоры (обеззараживание или дезинфекция);

4) обезвреживание и утилизация осадков очистных сооружений.

Перечисленные задачи на очистных сооружениях решаются последовательно на этапах механической очистки, биологической очистки и обеззараживания. В осложненной санитарной ситуации после биологической очистки добавляется этап доочистки (третичная, или глубокая очистка). Осложненная санитарная ситуация – это высокая плотность населения; мощные производственные комплексы в регионах с ограниченными водными ресурсами; особо охраняемые водные объекты (источники питьевого водоснабжения, территории рекреационных зон).

## *Механическая очистка*

Первым сооружением механической очистки является решетка. Она служит для задержания крупных примесей – тряпок, бумаги, ваты и т.п. Решетка представляет собой ряд параллельных металлических прутьев, скрепленных вместе и поставленных вертикально в коллекторе, подводящем воду к очистным сооружениям.

Просветы между прутьями 16–30 мм. Накопившиеся на решетках крупные примеси на станциях производительностью более 10 000 м<sup>3</sup> сточной жидкости в сутки удаляют механическими граблями. Примеси гидротранспортом подаются в дробилку. Измельченная масса из дробилки поступает в ток жидкости перед решеткой. На небольших станциях крупные примеси собирают с решетки вручную вилами в контейнеры и вывозят на полигон ТБО.

Решетки бывают различных типов:

- подвижные или неподвижные;
- устанавливаемые вертикально или наклонно;
- с ручной или механизированной очисткой от отбросов;
- решетки-дробилки (комбинированные механизмы), измельчают задерживаемые примеси без извлечения их из сточных вод.

Решетки размещаются в специальном отапливаемом здании, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей пятикратный (не менее) воздухообмен.

После решеток сточные воды поступают в песколовки. Они предназначены для задерживания минеральных взвесей, главным образом песка крупностью 0,2–0,25 мм и более, при пропускной способности станции очистки сточных вод более 100 м<sup>3</sup>/сут.

В результате задерживания песка облегчается эксплуатация последующих сооружений. Легкие частицы органического происхождения должны выноситься из песколовков. Работа песколовков основана на использовании гравитационных сил.

Тип песколовки необходимо выбирать с учетом пропускной способности очистной станции, состава очищаемых производственных сточных вод и местных условий строительства.

Горизонтальные песколовки проектируют двух видов: с прямолинейным и круговым движением воды. Песколовка имеет прямоугольную форму. Соотношение ширины и глубины 1:2. В расширенной части резервуара под действием силы тяжести происходит осаждение песка.

Скорость движения воды в песколовке составляет 0,15–0,3 м/с. При скорости более 0,3 м/с песок не успевает осесть, а при скорости менее 0,15 м/с начинают оседать органические примеси, что недопустимо. Время пребывания сточных вод в песколовке составляет 0,5–2 мин.

Песколовки с круговым движением воды являются разновидностью горизонтальных песколовков. Эти песколовки применяют при расходах воды до 7000 м<sup>3</sup>/сут. Такая конструкция упрощает выгрузку осадка.

В вертикальные песколовки вода подается по касательной с двух сторон в основании, такие сооружения удобны для накопления больших объемов осадка.

Тангенциальные песколовки – круглой формы, с малой глубиной проточной части и подводом воды, осуществляемым по касательной. Образующееся вращательное движение способствует отмывке песка от органических веществ, исключая их выпадение в осадок. Диаметр песколо-

вок составляет не более 6 м. Песок, задержанный в песколовках, обычно удаляют из них с помощью гидроэлеваторов (водоструйных насосов) и в виде песчаной пульпы подают на песковые площадки – земельные участки, разделенные на карты ограждающими валиками высотой 1–2 м.

Песковые площадки устраивают на крупных очистных станциях. Песок, обезвоженный на песковых площадках, содержит много органических веществ, способен гнить. Для отмывки песка от органических загрязнений и его обезвоживания на станциях производительностью до 80 тыс. м<sup>3</sup>/сут. применяют песковые бункеры, гидроциклоны, центрифуги, гидравлические и механические пескопромыватели. После такой обработки песок можно использовать для подсыпки и панировки территории как строительный материал.

После песколовки в сточной жидкости остается основная масса нерастворенных взвешенных веществ, преимущественно органического происхождения. Их удаляют отстаиванием. В отличие от зернистых минеральных частиц, органические хлопья имеют различную конфигурацию и низкую относительную плотность. Процесс осаждения таких частиц весьма сложен. При осаждении частицы слипаются, увеличиваются их размер и масса (агломерация), вследствие чего они осаждаются быстрее. В то же время в токе жидкости частицы размельчаются, что замедляет осаждение.

Насыщение хлопьев газами, выделяющимися из воды, приводит к их всплыванию на поверхность. Осаждение органических хлопьев из сточной жидкости осуществляется в отстойниках.

По назначению отстойники бывают:

– первичные (устанавливаемые перед сооружениями биологической или физико-химической очистки);

– вторичные (устраиваемые после сооружений для биологической очистки для отделения очищенной воды от активного ила).

По характеру движения воды (по конструктивным признакам) отстойники делятся на три вида:

- горизонтальные;
- вертикальные
- радиальные.

Горизонтальный отстойник применяется для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод. Он представляет собой прямоугольный железобетонный резервуар. Ширина коридора составляет 3–6 м, глубина отстойника колеблется в пределах 1,5–4 м, длина отстойника должна в 4–12 раз превышать его глубину.

В отстойнике происходит гравитационное осаждение взвешенных частиц за счет резкого (по сравнению с подводным каналом) снижения скорости движения жидкости. Максимальная скорость движения воды в горизонтальном отстойнике составляет 0,7 мм/с. Продолжительность отстаивания составляет 0,5–1,5 ч. За это время основная масса взвешенных веществ выпадает в осадок. Эффективность очистки от взвешенных веществ в горизонтальном отстойнике достигает 50–60 %.

Вертикальный отстойник применяется для осветления сточных вод, содержащих грубодисперсные примеси. Он представляет собой круглый или квадратный железобетонный резервуар с коническим или пирамидальным днищем соответственно. Отстойник имеет достаточно большую глубину, но меньшую, по сравнению с горизонтальным отстойником, занимаемую площадь. Диаметр отстойника колеблется в пределах 4–9 м.

Сточная жидкость подается по лотку в центральную трубу сооружения. Достигнув отражательного щита, поток сточных вод изменяет направление с вертикального нисходящего на горизонтальное, а затем на вертикальное восходящее. Осаждение взвешенных веществ происходит при восходящем движении жидкости. В осадок выпадает взвесь, имеющая скорость осаждения большую, чем скорость восходящего потока. Частицы равной восходящей скорости, находясь во взвешенном состоянии, агломерируются. При этом их скорость осаждения возрастает, и они также со временем оседают. Частицы со скоростью осаждения меньшей, чем скорость восходящего потока, выносятся из отстойника. Они занимают небольшую площадь и удобны в эксплуатации, так как не имеют механических илоскребов, но эффект осветления низкий – до 30 % по взвешенным веществам. Большая глубина вертикальных отстойников при ограниченном диаметре повышает их строительную стоимость.

Радиальный отстойник представляет собой круглый железобетонный резервуар большого диаметра (18–60 м) и относительно малой глубины проточной части (1,5–5 м). Сточная жидкость подается в центральную трубу сооружения, осветленная вода собирается круговым лотком. Разность скоростей течения в центре и на периферии радиальных отстойников способствует более полному осаждению осадка. Осадок сгребается к центру скребками, подвешенными к ферме. Из приемка осадок удаляется насосом или под действием гидростатического давления. Осветленная вода отводится по кольцевому сборному желобу. Продолжительность отстаивания составляет 1,5 ч.

Радиальный отстойник обеспечивает самый высокий эффект осветления (60 % и более). Радиальные отстойники

обеспечивают такую же эффективность, как и горизонтальные, но только при постоянном режиме поступления сточной жидкости. Если в разное время суток поступает сточная жидкость различной плотности, зависящей от температуры воды, концентрации взвеси и т.д., как на глубине, так и на поверхности, то образуются вихревые течения, ухудшающие условия отстаивания.

Остаточное содержание взвешенных веществ в сточной жидкости, направляемой на сооружения биологической очистки, не должно превышать 150 мг/л. Нарушение этого правила может привести к заиливанию и выходу из строя биофильтров, увеличению времени аэрации и расхода воздуха в аэротенках.

Расчетная эффективность первичных отстойников – не более 60 %; на практике удается задержать лишь 30–50 % взвешенных веществ. Следовательно, при исходной концентрации взвешенных веществ в сточной жидкости выше 250–350 мг/л трудно достигнуть требуемого эффекта осветления в первичных отстойниках.

Существует ряд технологических приемов, позволяющих повысить эффективность механической очистки. В емкостях, устанавливаемых перед первичными отстойниками, сточную жидкость продувают воздухом – аэрируют. При этом происходит флокуляция коллоидных веществ, частицы взвеси укрупняются и более плотно оседают в отстойниках. Предварительная аэрация позволяет повысить эффективность работы отстойников на 5–8 %.

Первичный вертикальный отстойник со встроенным преаэратором получил название биокоагулятора. Кроме воздуха, в биокоагулятор подается активный ил. В биокоагуляторе происходят адсорбция хлопьями активного ила

тонкодисперсной взвеси и коллоидов и частичное окисление адсорбированных веществ. Эффект осветления достигает 65–75 %. Биокоагуляция снижает БПК сточной жидкости на 25–35 %, а также уменьшает содержание ионов тяжелых металлов.

### *Биологическая очистка*

После механической обработки в воде остаются часть взвешенных веществ, растворенные органические вещества и большое количество микроорганизмов. Биологический метод основан на использовании жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, для которых органические вещества сточных вод (в растворенном и коллоидном состоянии) являются источником питания. При наличии свободного кислорода в сточных водах микроорганизмы окисляют (минерализуют) органические вещества.

Основной целью биологической очистки городских сточных вод являются разложение и минерализация органических веществ, находящихся в коллоидном и растворенном состоянии. Эти вещества нельзя удалить из стоков механическим путем. Освобождение сточных вод от органических веществ происходит в две фазы.

Первая – фаза сорбции. В основе ее лежат физико-химические процессы адсорбции органических веществ и коллоидов поверхностью микробной клетки. Вторая фаза – последовательное окисление растворенных и адсорбированных органических веществ, в основе которого лежит усвоение микроорганизмами органических веществ.

С гигиенической точки зрения полная минерализация всех органических примесей сточных вод не считается необходимой. Задача биологической очистки городских сточных вод состоит в минерализации органических веществ до такой степени, при которой сточные воды можно было бы сбросить в водный объект, не нарушая его санитарного режима.

Распад органических соединений разных классов происходит в определенной последовательности и с различной скоростью. Разложение углеводов до углекислого газа и воды идет чрезвычайно быстро, всего несколько часов. Медленнее окисляются жиры.

Наиболее сложно и длительно осуществляется распад белковых веществ, поступающих в сточные воды большей частью в виде мочевины. Мочевина гидролизуется под влиянием бактерий до карбоната аммония. На следующем этапе аммонийные соли окисляются в нитриты, затем нитриты превращаются в нитраты.

Процесс нитрификации связан с потреблением большого количества кислорода, что учитывается при организации биологической очистки.

Нитрификация – процесс экзотермический, это значительно облегчает эксплуатацию очистных сооружений в зимнее время. Нитрификацию следует рассматривать не только как минерализацию азотистых органических шлаков, но и как накопление связанного кислорода в воде. При дефиците кислорода в водном объекте связанный кислород нитратов может быть мобилизован в процессе денитрификации.

Условиями жизнедеятельности микроорганизмов являются:

- температура в пределах 20–30 °С;
- рН в пределах 6,5–7,5;

- БПК<sub>полн</sub> : N : P = 100 : 5 : 1;
- концентрация кислорода не менее 2 мг/л;
- БПК<sub>нач</sub> – 5000 мг/л; БПК<sub>кон</sub> – 10 мг/л;
- невысокое содержание токсичных веществ (в пределах ПДК), иначе гибнет микрофлора.

Биологическая очистка сточных вод может происходить в естественных и искусственных условиях. Приемы и сооружения биологической очистки могут быть также разделены на две группы: моделирующие процесс в почвенных условиях и в водной среде.

### *Очистка в естественных условиях*

Способ известен с древних времен. Он используется в основном для очистки бытовых и городских сточных вод, а не чисто производственных. Для очистки сточных вод применяют поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды (биопруды).

*Земледельческие поля орошения (ЗПО)* – это специально подготовленные (спланированные) участки земли для приема предварительно очищенных (прошедших механическую очистку) сточных вод с целью их доочистки.

Поля состоят из карт, спланированных горизонтально или с незначительным уклоном и разделенных земляными оградительными валиками. Они используются одновременно для очистки сточных вод и агрокультурных целей. Очистка в этих условиях идет под действием почвенной микрофлоры, солнца, воздуха и под влиянием жизнедеятельности растений. Сточная вода распределяется по картам оросительной сетью. Вода, профильтрованная через слой почвы, отводится осушительной сетью.

При фильтрации сточных вод через почву в ее верхнем слое задерживаются взвешенные и коллоидные вещества, образующие на поверхности густонаселенную микроорганизмами пленку. Пленка адсорбирует на своей поверхности растворенные вещества, находящиеся в сточных водах.

Микроорганизмы минерализуют органические вещества с использованием растворенного кислорода. Очистка сточных вод на полях фильтрации происходит в результате жизнедеятельности микрофлоры, населяющей почву. В 1 г почвы присутствуют сотни тысяч – а в некоторых почвах до миллиарда – бактерий. При орошении сточной водой, увлажняющей и согревающей, содержащей много питательного субстрата, создаются условия для интенсивного размножения и ускорения обменных реакций почвенного биоценоза. Каждая структурная единица почвы на полях оказывается покрытой сплошным слоем микрофлоры – так называемой биологической пленкой.

На поверхности биопленки сорбируются и минерализуются растворенные и коллоидные вещества сточной жидкости. Затем эти участки используют для сельскохозяйственных целей. На них выращивают сельскохозяйственные культуры, то есть сточные воды используются как удобрение. Основной задачей ЗПО является выращивание огородных или кормовых культур, сеяных трав. ЗПО могут быть круглогодичного или сезонного действия. На ЗПО разрешается подавать сточную жидкость, прошедшую механическую очистку.

Нормы нагрузки на ЗПО невелики:  $5\text{--}15 \text{ м}^3/(\text{га} \times \text{сут.})$ , что в 5–15 раз меньше, чем на коммунальных полях орошения. Главной задачей коммунальных полей орошения является очистка сточных вод, а использование их для сельского хозяйства играет вспомогательную роль.

При правильной эксплуатации ЗПО не могут являться фактором передачи возбудителей кишечных инфекций, поэтому необходим строгий и тщательный контроль. При использовании метода достигается высокий (до 99 %) эффект бактериальной очистки.

Представляет интерес распределение загрязнений, приносимых со сточными водами, по глубине. В верхнем 10-сантиметровом слое задерживаются яйца гельминтов. Лишь отдельные экземпляры находили на глубине до 30 см, только в песчаных почвах. Микробное загрязнение поглощается в слое высотой 25–30 см. Минерализация органического вещества в основном происходит в полуметровом слое. В той или иной степени в очистке сточных вод участвует слой грунта в 1,5–2 м.

Непосредственная связь гравитационной воды полей орошения с грунтовым потоком приводит к нарушению гидростатических условий и, таким образом, к повышению скорости фильтрации, что неизбежно ведет к загрязнению грунтового потока. Поэтому строительными нормами разрешается устройство полей орошения при уровне стояния грунтовых вод не менее 2 м. Кроме того, должна быть устроена санитарно-защитная зона, для защиты населения.

*Поля фильтрации* – это земельные участки, предназначенные только для полной биологической очистки предварительно осветленных сточных вод. Никаких других задач, кроме очистки сточных вод, поля фильтрации не выполняют. При очистке сточных вод на полях фильтрации используется самоочищающая способность почвы: наиболее интенсивно процесс окисления органических загрязнений идет в верхних слоях почвы (0,2–0,3 м), где соблюдается благоприятный кислородный режим.

Их устраивают на песках, супесях. Поля можно устраивать также на суглинистых грунтах и тощих глинах, однако нагрузку по сточным водам в этом случае снижают. На полях производится распределение и фильтрация через почву сточных вод. Уровень грунтовых вод на территории, используемой под поля, должен быть на глубине не менее 1,5 м от поверхности.

*Биопруды* – это искусственно созданные неглубокие водоемы на слабофильтрующих грунтах глубиной 0,5–1 м. Они представляют собой каскад прудов, состоящий из 3–5 ступеней, через которые с небольшой скоростью протекает осветленная или биологически очищенная сточная вода. Их применяют в случаях, когда при наличии достаточных площадей отсутствуют хорошо фильтрующие почвы. Иногда устраивают биопруды с искусственной аэрацией глубиной до 3 м. Процесс очистки в этих сооружениях аналогичен процессам, происходящим при самоочищении водоемов.

Для устройства биологических прудов могут быть использованы естественные впадины местности, заброшенные карьеры, а также специально созданные водоемы.

Пруды используют в качестве второй ступени биологической очистки, а также для глубокой очистки биологически очищенных сточных вод с доведением величины БПК<sub>полн</sub> до 5–6 мг/л. Небольшая глубина позволяет создать значительную поверхность контакта обрабатываемой воды с воздухом, обеспечить прогрев всей толщи воды и хорошее ее перемешивание.

Биологические пруды обеспечивают высокоэффективную очистку – количество кишечной палочки снижается на 95,9–99,9 %, почти полностью задерживаются яйца гельминтов. Однако нормальный ход очистки в биологических прудах возможен лишь в теплое время года. При темпера-

туре воды ниже 6 °С очистка резко ухудшается, что ограничивает возможность использования биологических прудов как самостоятельных сооружений. При необходимости повышенной очистки биопруды можно устраивать после биофильтров или аэротенков как 3-ю ступень очистки.

### ***Сооружения с очисткой сточных вод в искусственно созданных условиях***

Разработка искусственных методов очистки началась в начале прошлого века. Для очистки сточных вод применяют биофильтры и аэротенки.

*Биофильтр* представляет собой слой фильтрующего материала высотой 1,5–2 м, через который пропускается сточная вода. Через 2–3 недели (период адаптации микроорганизмов) на загрузочном материале образуется биопленка толщиной 1–3 мм и более, способная сорбировать на своей поверхности органические вещества. Загрузочный материал заселяется бактериями, грибами, простейшими и другими организмами. По мере увеличения толщины пленки ее нижние минерализованные слои отмирают и уносятся вместе с водой. Отличительной особенностью биофильтров является то, что фильтрующая загрузка (следовательно, и активная биомасса) закреплена на неподвижном материале.

Сверху биофильтры имеют оросители для распределения сточных вод по загрузке. В нижней части резервуаров имеются окна, обеспечивающие естественную или принудительную аэрацию поверхности биопленки, формирующейся на поверхности загрузки. Сточная вода проходит через толщу фильтрующего материала, дырчатое дно фильтра,

а затем поступает через междудонное пространство на непроницаемое днище, откуда отводится по лоткам, расположенным за пределами биофильтра.

Эффект очистки сточных вод на биофильтрах по БПКполн составляет свыше 90 %. Окислительная способность биофильтра высокая из-за хорошей аэрации фильтра через поры, образующиеся между кусками загрузки. Сточная жидкость просачивается через тело фильтра в течение 2–3 часов, за это время в ней появляются нитриты. В почвенных условиях этот процесс занимает недели.

*Аэротенк* – это проточное сооружение со свободно плавающим активным илом. Аэротенки представляют собой длинные железобетонные прямоугольные резервуары глубиной 3–6 м, шириной 6–10 м, длиной до 100 м. Аэротенки состоят из нескольких секций (коридоров), разделенных перегородками.

В аэротенках происходит образование активного ила – совокупности микроорганизмов и твердых частиц. Активный ил включает в себя бактерии, простейшие, грибы, водоросли, способные сорбировать на своей поверхности органические загрязнения и окислять их в присутствии кислорода.

Сточная жидкость после осветления в первичных отстойниках поступает в аэротенк и смешивается с циркулирующим активным илом. Смесь сточных вод и активного ила по всей длине аэротенка продувается воздухом, поступающим из компрессоров. Аэробные микроорганизмы сорбируют органические вещества из сточных вод и в присутствии кислорода окисляют их.

Из аэротенка смесь сточных вод с активным илом направляется во вторичный отстойник, где активный ил оседает. В результате роста микроорганизмов масса ила в аэро-

тенке непрерывно возрастает. Поэтому насосная станция перекачивает избыточный активный ил из вторичного отстойника в илоуплотнители, а циркулирующий активный ил – обратно в аэротенк. Вторичные отстойники служат для отделения очищенной воды от активного ила. Их конструкция практически не отличается от конструкции первичных отстойников (они бывают горизонтальные, вертикальные и радиальные).

При биологической очистке сточных вод протекают два процесса: сорбция загрязнений активным илом и их внутриклеточное окисление микроорганизмами. Скорость сорбции значительно превышает скорость биоокисления, поэтому после окончания процесса сорбции и достижения требуемого эффекта очистки отделившийся в отстойнике ил по БПК направляют в регенератор (секцию аэротенка) с целью биоокисления остаточных загрязнений сточных вод.

Таким образом, для обеспечения устойчивой работы аэротенков устанавливают регенераторы – сооружения, в которых восстанавливается сорбирующая способность активного ила. Ил в регенераторах постоянно аэрируется. Под регенераторы обычно выделяют часть коридоров аэротенка.

Для обеспечения микроорганизмов кислородом, а также для поддержания ила во взвешенном состоянии применяют непрерывную искусственную аэрацию смеси сточных вод и активного ила. Активная биомасса находится в аэротенке во взвешенном состоянии.

## *Обеззараживание сточных вод*

Заключительным этапом обработки городских сточных вод является их обеззараживание. Выпуск в водные объекты даже биологически очищенных сточных вод неизбежно связан с угрозой внесения в них патогенных бактерий и вирусов – возбудителей кишечных инфекций. В качестве обеззараживающего агента чаще всего используют хлор.

Оборудование для дозирования реагентов то же, что и при обеззараживании питьевой воды. Однако у метода хлорирования сточных вод есть серьезные гигиенические и экологические ограничения. Для эффективного хлорирования, т.е. гарантии отсутствия в обработанной сточной воде патогенных микроорганизмов, при технологически обусловленном времени контакта 30 мин концентрация остаточного хлора должна быть не менее 1,5 мг/л. Для достижения этой величины исходная доза активного хлора составляет в соответствии со строительными правилами десятки миллиграммов на 1 л.

Биологически очищенные городские сточные воды, имеющие уровень БПК 15–20 мг/л, несут достаточное количество органических соединений различных классов, способных к окислению. При хлорировании в сточной воде образуются стойкие хлорорганические соединения в токсических для биоты водного объекта и человека концентрациях, поэтому необходимо большое разбавление при спуске в водный объект. Остаточный хлор в концентрации 1,5 мг/л также оказывает губительное действие на биоту водного объекта.

Немаловажна и высокая взрывоопасность складов жидкого хлора. Последние 10 лет в практику обеззараживания сточных вод успешно внедряется метод ультрафиолето-

вого облучения. Ультрафиолетовые лучи оказывают выраженное биоцидное действие в отношении различных микроорганизмов, включая бактерии, вирусы и грибы. Бактерицидный эффект ультрафиолетовых лучей не сопровождается образованием опасных продуктов трансформации химических веществ в воде.

При ультрафиолетовом обеззараживании сточных вод отсутствует пролонгированный биоцидный эффект, который мог бы оказать вредное воздействие на биоту водного объекта – приемника сточных вод. К технологическим достоинствам метода относится незначительное время контакта ультрафиолетовых лучей со сточными водами.

При обеззараживании сточных вод с указанными показателями необходима доза ультрафиолетовых лучей не менее  $30 \text{ мДж/см}^2$ , что в 2 раза превышает дозу для обеззараживания питьевой воды. Это объясняется тем, что коэффициент поглощения ультрафиолетовых лучей сточной водой примерно в 2 раза больше, чем коэффициент поглощения речной водой, и в 2–5 раз больше, чем коэффициент поглощения подземными водами.

### ***Обезвреживание осадков очистных сооружений***

Осадки сточных вод – это суспензии, выделяемые из сточных вод в процессе их механической и биологической очистки. Обезвреживание осадков сточных вод является острой проблемой крупных городов. По сравнению с очисткой сточных вод обработка осадков представляет значительно бóльшую технологическую и экологическую сложность. Операции по обработке и утилизации осадков сточ-

ных вод затруднены из-за их различного состава и высокой влажности.

Осадки сточных вод можно классифицировать следующим образом:

- грубые примеси (отбросы), задерживаемые решетками;
- тяжелые примеси (песок), задерживаемые песколовками;
- плавающие примеси (или жировые вещества), всплывающие в отстойниках;
- сырой осадок, задерживаемый первичными отстойниками;
- активный ил, задерживаемый во вторичных отстойниках (после сооружений биологической очистки);
- осадок, анаэробно сброженный в метантенках, осветлителях-перегнвателях или двухъярусных отстойниках.

Объем осадков обычно составляет 0,5–1 % (в редких случаях до 40 %) объема обрабатываемых сточных вод в зависимости от схемы очистки и влажности осадка. Влажность осадков колеблется от 85 % (предприятия стройиндустрии) до 99,5 % (активный ил сооружений биологической очистки).

Осадок (ил) городских сточных вод, выпадающий в первичных отстойниках, имеет влажность 92–96 %. Сухой остаток состоит на 70–80 % из органического вещества, что сообщает илу многие неблагоприятные свойства: он не подсыхает, распространяет зловоние, привлекает мух, легко загнивает.

В 1 г сырого осадка содержатся миллиарды сапрофитных бактерий, обязательно присутствуют патогенная микрофлора и множество жизнеспособных яиц гельминтов.

Избыточный активный ил, собирающийся во вторичных отстойниках, имеет влажность 99,2–99,6 %. Для умень-

шения объема его направляют в илоуплотнитель, где влажность ила снижается до 97–98 %. Ил после илоуплотнителя обладает такими же неблагоприятными свойствами, как и ил из первичных отстойников.

Химический состав сухого вещества осадков колеблется в широких пределах. Осадок городских сточных вод содержит ценные компоненты: углерод, азот, фосфор, калий и другие элементы. Основную часть осадков из первичных отстойников представляют органические вещества. Они содержат большое количество микроорганизмов, в том числе патогенных. Осадки и шламы производственных сточных вод в основном состоят из минеральных веществ, они могут содержать канцерогенные и токсичные вещества, в том числе ионы тяжелых металлов.

В сыром виде осадок издает неприятный запах, опасен в санитарном отношении и непригоден для перевозки. Перед утилизацией осадок подвергается предварительной обработке в целях:

- уменьшения влажности и объема осадка, неприятного запаха;
- уменьшения количества патогенных микроорганизмов и вредных веществ;
- снижения затрат на транспортировку.

В осадках сточных вод содержится свободная и связанная вода.

Свободная вода (60–65 %) сравнительно легко может быть удалена из осадка, удаление связанной воды (30–35 %) – коллоидно-связанной и гигроскопической – гораздо труднее.

Для обработки осадков сточных вод применяют следующие методы:

1. **Уплотнение (сгущение)** связано с удалением свободной влаги и является необходимой стадией всех технологических схем обработки осадков. При уплотнении удаляется в среднем 60 % влаги, масса осадка при этом сокращается в 2,5 раза. Наиболее трудно уплотняется активный ил. Для уплотнения применяют следующие методы:

а) гравитационный метод является наиболее распространенным, применяется для избыточного активного ила и сброженных осадков. Метод основан на оседании частиц дисперсной фазы. В качестве илоуплотнителей применяются вертикальные и радиальные отстойники. Метод сам по себе малоэффективен, поэтому для интенсификации процесса применяют:

- коагулирование (с помощью хлорного железа);
- перемешивание (с помощью стержневых мешалок);
- совместное уплотнение различных видов осадков;
- термогравитационный метод (нагревание осадка до 80–90 °С).

б) флотационный метод основан на прилипанию частиц активного ила к пузырькам воздуха и всплывании вместе с ними на поверхность (осадки предварительно смешивают с водой). Всплывшие частицы удаляются с помощью скребкового транспортера, на дне камеры устанавливается второй транспортер для удаления выпавшего осадка;

- в) центробежный способ осуществляется в гидроциклонах, центрифугах, сепараторах различных конструкций;
- г) вибрационный метод;
- д) фильтрационный метод.

2. **Стабилизация осадков** проводится с использованием микроорганизмов двумя способами:

а) анаэробное (метановое) сбраживание проводится в септиках, двухъярусных отстойниках, осветлителях-перегнивателях и метантенках.

Наибольшее распространение получили *метантенки*. Метантенк конструктивно представляет собой железобетонный или стальной вертикальный резервуар цилиндрической формы, диаметром от 10 до 24 м, с герметичным перекрытием и коническим днищем.

В метантенках обычно сбраживают сырой осадок из первичных отстойников. Для ускорения процесса брожения применяется подогрев ила при двух температурных режимах:

- мезофильном (до 30–35 °С);
- термофильном (50–55 °С).

Время обработки составляет 10–20 сут., однако путем изменения параметров процесса его можно снизить до 4–7 сут. В процессе анаэробного сбраживания осадков образуется биогаз, который отводится из метантенка через специальное устройство, накапливается в газгольдерах, а затем применяется для бытовых и промышленных целей. Его можно направлять в котельные очистных сооружений для сжигания в качестве топлива.

С целью обезвреживания (обработки и сбраживания) сырого осадка сточных вод в схемах малой канализации применяют отстойники специальной конструкции, совмещающие процессы отстаивания сточной жидкости и сбраживания осадка. Наибольшее распространение получили *септики*, двухъярусные отстойники, осветлители-перегниватели. Их применяют при небольшом количестве осадков;

б) аэробная стабилизация осадков – это процесс окисления органических веществ аэробными микроорганизмами в присутствии кислорода воздуха. Метод применяется для

активного ила или смеси осадков из первичных отстойников и активного ила. Для аэробной стабилизации осадков могут применяться любые емкостные сооружения (переоборудованные отстойники, аэротенки). Осадки в течение нескольких суток аэрируют воздухом. Использование метода возможно на станциях производительностью до 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Аэрация осуществляется в течение 7–12 сут. продуванием иловой смеси воздухом.

Осадок, обработанный в метантенке или в аэробном стабилизаторе, не содержит коллоидных структур, благодаря чему хорошо отдает воду, не издает зловония, не привлекает мух. Влажность сброженного осадка 92–97 %. Для уменьшения объема производится его обезвоживание либо на иловых площадках, либо механическим или термическим способом. При соблюдении режима загрузки метантенка или аэробного стабилизатора сброженный осадок безопасен в эпидемическом отношении. В то же время он содержит все биогенные элементы (фосфор, калий, азот) и более 20 микроэлементов, что определяет его ценность в качестве удобрения и возможность использования в сельском хозяйстве.

**3. Кондиционирование осадков** – это предварительная подготовка их перед обезвоживанием. Целью кондиционирования является улучшение водоотталкивающих свойств осадков путем изменения их структуры и форм связи воды. Кондиционирование осуществляется следующими способами:

а) реагентная обработка коагулянтами (сернокислым алюминием, хлорным железом) и флокулянтами (полиакриламид).

К недостаткам метода относятся:

- высокая стоимость;
- повышенная коррозия материалов;

– сложность транспортирования, хранения и дозирования реагентов;

б) тепловая обработка применяется для осадков городских и промышленных сточных вод с зольностью 30–40 %. Осадки нагревают в автоклавах острым паром до температуры 170–200 °С при давлении 2–2,5 Мпа в течение 1 часа. При этом происходит резкое изменение структуры осадка, около 40 % сухого вещества переходит в раствор, а оставшая часть приобретает хорошие водоотталкивающие свойства. Осадок интенсивно уплотняется до влажности 92–94 %, его объем составляет 20–30 % первоначального. Недостаток метода – сложность эксплуатации установки;

в) замораживание и оттаивание проводится при температуре от -5 до +10 °С в течение 50–120 минут. В резервуары с осадком подают жидкий аммиак, который, испаряясь в трубах, замораживает осадок. При замораживании часть связанной влаги переходит в свободную, при последующем оттаивании осадки образуют зернистую структуру, их влагоотдача повышается. В отечественной практике метод не получил широкого распространения из-за высокой стоимости;

г) жидкофазное окисление органической части осадков кислородом воздуха при температуре 200–300 °С и давлении в несколько десятков мегапаскалей. Процесс осуществляется в специальных реакторах. При этом ХПК осадков снижается на 50–70 %.

**4. Обезвоживание осадков** – процесс снижения влаги до 70–80 %.

Различают два вида обезвоживания:

а) обезвоживание на иловых площадках, которые представляют собой участки земли (карты) глубиной 0,7–1 м, окруженные со всех сторон земляными валиками и оборудо-

ванные системой дренажа. Их устраивают на естественном или искусственном основании. Часто используют песчаное основание, при этом слой песка является первичным дренирующим материалом. Ил напускается слоями толщиной 0,2–0,25 м. Осадок теряет влагу за счет испарения, большая часть влаги фильтруется через грунт.

Дренажная система иловых площадок обычно включает:

- верхний слой песка высотой 15–23 см;
- нижний слой гравия высотой 20–46 см.

Дренажные трубы используют керамические или пластмассовые. Иловую воду после уплотнения направляют на очистные сооружения. К недостаткам способа относятся:

- необходимость отторжения значительных площадей;
- вредные выделения в атмосферу;
- возможность загрязнения подземных вод вследствие миграции вредных веществ;
- антисанитарные условия труда, т.к. осадки небезопасны в санитарном отношении;

б) механическое обезвоживание осадков является более совершенным методом. Оно осуществляется с использованием специальных установок:

- вакуум-фильтров;
- фильтр-прессов;
- центрифуг и сепараторов.

Метод применяется на станциях большой производительности. В результате обезвоженный осадок уменьшается в объеме в 7–15 раз и имеет влажность 50–80 %.

**5. Термическая сушка осадков** – это процесс снижения влаги до 5–40 %. Она является заключительным этапом для подготовки осадков к утилизации или ликвидации путем сжигания. В процессе термической сушки происходит обез-

зараживание и уменьшение массы осадков. Осадки должны быть предварительно обезвожены механическим способом.

Процесс осуществляется в сушилках барабанного типа или со встречными струями осадка и сушильного агента (теплоносителя). В качестве сушильного агента обычно используются топочные газы, горячий воздух, перегретый пар. Влажность осадков после сушки составляет 30–35 %. Этот метод позволяет отказаться от строительства громоздких метантенков и иловых площадок. Однако он является экономически оправданным в том случае, если осадок затем используется в качестве удобрения, поскольку при этом сохраняются все органические вещества.

6. *Сжигание осадков* осуществляют в тех случаях, когда их утилизация технически невозможна или экономически нецелесообразна, или при отсутствии условий для складирования. Сжигание производят в печах различных конструкций.

Преимущества метода сжигания осадков:

- глубокое обезвреживание осадка и сокращение его объема в 80–100 раз;
- прекращается вывоз необеззараженного осадка, поэтому не требуется новых площадей для его складирования;
- в печах в качестве топлива используются осадки сточных вод (природный газ необходим лишь для розжига печей);
- тепловая энергия, образующаяся при сжигании осадков, рекуперируется в котлах-утилизаторах и используется для производственных нужд (отопления, производства электроэнергии), а также для нагревания и высушивания сырого осадка;

– образующаяся зола используется в качестве добавок при изготовлении кирпича, легких бетонов, облицовочных материалов, дорожных покрытий;

– годовые эксплуатационные расходы на сжигание осадка в 1,9 раза ниже, чем на обработку осадка на полигонах.

Вместе с тем метод сжигания осадков сточных вод обладает существенными недостатками:

– полное уничтожение полезных компонентов отходов;

– загрязнение воздушного бассейна дымовыми газами (для предотвращения загрязнения должна использоваться многоступенчатая система очистки газов);

– проблемы вывоза в отвал продуктов сгорания (золы).

**7. Пиролиз осадков** – процесс термического разложения без доступа воздуха. За рубежом (в США, Германии, Японии) действуют промышленные установки для пиролиза осадков вместе с твердыми и различными промышленными отходами.

К основным направлениям утилизации осадков сточных вод относятся следующие:

а) осадки сточных вод содержат биогенные элементы: азот, фосфор, калий, их соединения, микроэлементы для растений, поэтому могут быть использованы в качестве удобрения. Однако использование осадков городских сточных вод в качестве удобрения в сельском хозяйстве должно производиться с осторожностью, поскольку через систему водоотведения в осадок попадают вредные вещества от промышленных предприятий, в том числе тяжелые металлы и их соединения. Поэтому более целесообразно осуществлять биокомпостирование твердой фазы станций аэрации городских сточных вод;

б) активный ил может быть применен в качестве кормового продукта в составе комбикорма;

в) осадок может быть использован в качестве заполнителя при производстве строительных материалов и конструкций, при строительстве дорог, для оснований, засыпки пазух фундаментов и т.д., зола после сжигания осадков может использоваться в производстве кирпича и строительных материалов;

г) осадок может быть использован для производства сорбентов (реагентов для очистки сточных вод);

д) выделяющийся при сбраживании осадков в метантенках биогаз может быть использован в качестве источника энергии, например, для получения пара в котлах;

е) осадок может быть использован в качестве материала для рекультивации полигонов;

ж) осадок может быть использован в химической промышленности.

Различными методами из него можно получить ценные продукты, однако это требует больших затрат.

### **Очистные сооружения малой канализации**

Отдельные объекты (летние оздоровительные лагеря, спортивные базы, санатории, специализированные больницы и пр.), а также небольшие поселения не всегда можно подключить к централизованной городской канализации. Описанные выше очистные сооружения с экономической и инженерной точек зрения целесообразны при количестве сточных вод не менее  $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Для небольших объектов очистка сточных вод организуется на так называемых сооружениях малой канализации, способных принять и обработать от 25 до  $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$  сточных вод.

С целью обезвреживания (обработки и сбраживания) сырого осадка сточных вод в схемах малой канализации применяют отстойники специальной конструкции, совмещающие процессы отстаивания сточной жидкости и сбраживания осадка. Наибольшее распространение получили септики, двухъярусные отстойники, осветлители-перегниватели. Их применяют при небольшом количестве осадков.

**Септик** – сооружение, предназначенное для сбора и очистки хозяйственно-бытовых сточных вод от индивидуальных жилых домов, объектов малоэтажной застройки, коттеджей при отсутствии центральной системы канализации. Септик представляет собой прямоугольный или круглый проточный резервуар, в котором из сточной воды при ее медленном движении выпадают взвешенные вещества. В работе септика заложен принцип отстаивания и биологической доочистки с использованием биоферментных препаратов, а также почвенных естественных и принудительных методов доочистки.

Септик – емкость, состоящая из единого герметичного корпуса, разделенного на три секции (А, В, С), патрубка подачи исходной канализационной сточной воды, отвода очищенной воды, блокираторов между секциями.

Первая секция (зона А) септика напрямую соединяется с подводящей канализационной линией с одной стороны, а с другой – через систему блокиратора со второй секцией (зона В). Далее через блокиратор (гидрозатвор) с третьей секцией (зона С). Зона А выполняет роль первичного септического отстойника грубого осадка. В этой камере естественным образом осуществляется первостепенная, грубая очистка попадающих в септик бытовых стоков от взвешенных мелких и крупных частиц. На дне камеры оседает песок,

мелкие картофельные очистки и т.д. (все, что может пройти через раковину на кухне или в санузле).

Вторая секция очистного сооружения (зона В), метантанк, выполняет роль анаэробного реактора. Здесь происходит разложение химических соединений, образовавшихся в результате использования различных моющих средств, средств личной гигиены и разложение органических соединений естественного происхождения.

Третья секция очистного сооружения (зона С) выполняет роль конечного осветлителя бытовых канализационных стоков. Путем окончательного отстаивания взвешенных частиц осветленные стоки достигают до 65 % степени очистки от первоначального уровня загрязнения. После прохождения септической части очистного сооружения сточные воды направляются на почвенную доочистку.

В зависимости от расхода сточных вод следует принимать:

- однокамерные септики – при расходе сточных вод до  $1 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ;
- двухкамерные – до  $10 \text{ м}^3/\text{сут.}$ ;
- трехкамерные – свыше  $10 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Бытовые хозяйственные стоки по канализационному трубопроводу самотеком поступают в приемную камеру септика – зону А грубого осадка, где задерживаются плавающие пленки, жиры, поверхностно-активные вещества и неосаждаемые частицы. Неосаждающие вещества, плавающие на поверхности воды, со временем образуют пленку. Более крупные или твердые вещества, попадающие с бытовыми стоками и способные оседать, отсеиваются и скапливаются на дне септика в виде илового осадка. Из приемной камеры септической зоны бытовые хозяйственные стоки

через систему блокиратора поступают в камеру анаэробного брожения – зону В (метантенк).

В реакционной зоне метантенка в первую очередь работают факультативные микроорганизмы, затем – метаногенные бактерии. Сам анаэробный процесс проходит в две стадии:

– первая – стадия кислого брожения: углеводы, белки и жиры распадаются до ряда низших жирных кислот (уксусной, масляной, муравьиной и пропиновой); двуокиси углерода, сероводорода, аммония, различных спиртов и других органических соединений;

– вторая – стадия метанового брожения: жирные кислоты, спирты, различные органические соединения, сформировавшиеся на стадии кислого брожения, распадаются до водорода, двуокиси углерода и метана.

После очистки в метантенке бытовые стоки через перепуск поступают в третью секцию септика – в зону С, где органические соединения в результате анаэробных процессов переходят из растворенного состояния во взвешенное, после чего выпадают в осадок. Затем из зоны С бытовые стоки поступают в фильтрующие слои почвы для последующей, окончательной доочистки.

Мельчайшие пузырьки газа (метана, углекислого газа и частично сероводорода), выделяющиеся в результате сбраживания осадка, поднимаются вверх и увлекают за собой иловые частицы, которые образуют на поверхности септика уплотненную корку. Толщина корки обычно колеблется в пределах 0,35–0,4 м, но иногда достигает 1 м. Сточная вода, находясь в течение 1–2 сут. в септике между двумя слоями осадка, лишена естественной аэрации; всплывающие частицы ухудшают состав сточной воды, увеличивая ее БПК, придавая ей неприятный запах сероводорода и кислую реакцию.

Выпавший осадок находится в резервуаре от 6 до 12 месяцев, в течение которых он подвергается анаэробному разложению. В течение года 1–2 раза 80 % осадка удаляют из септика ассенизационной машиной, 20 % остаются для контаминации анаэробными микроорганизмами вновь поступающего осадка.

Преимущество септика состоит в том, что процент задерживания взвешенных веществ в нем довольно высок (до 70–80 %), а сбраживание осадка осуществляется непосредственно в самом сооружении. В результате сбраживания влажность осадка уменьшается с 97 до 85 % благодаря разрушению коллоидной структуры органических веществ; гибнет значительное количество патогенной микрофлоры. Извлеченный осадок легко подсушивается, его можно использовать в качестве удобрения.

К недостаткам септиков относятся большой объем и высокая стоимость. Вследствие непрерывного поступления в септик свежих порций осадка распад органического вещества идет лишь до образования жирных кислот без последующего разложения их на метан и углекислоту. Накопление кислот замедляет процесс сбраживания. При этом необходимо учитывать, что яйца гельминтов в осадке сохраняют жизнеспособность.

Двухъярусные отстойники применяют для отстаивания сточной жидкости, сбраживания и уплотнения выпавшего осадка при расходе сточных вод не более 10 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Для предохранения иловой части отстойников от охлаждения их заглубляют в землю или обсыпают со всех сторон землей. Поверхность сооружений на зиму следует утеплять. Для них характерен температурный интервал 10–15 °С, поэтому для созревания осадка требуется от 60 до 120 дней.

Отстойники представляют собой резервуары цилиндрической или прямоугольной формы. В верхней части сооружений расположены проточные желоба, в которых происходит осветление сточной воды, а в нижней части находится камера сбраживания выпавшего осадка. Пространство, в котором происходит выпадение взвеси (верхний ярус), отделено от скапливающегося на дне осадка (нижний ярус), то есть отстойная часть (осадочные желоба) отделена от гнилостной (септической, иловой) камеры.

Осадок находится в септической части отстойника 60–120 дней, в течение которых он подвергается сбраживанию. Ярусы сообщаются между собой при помощи продольной щели. Осадочные желоба выполняют функции горизонтального отстойника, и в них происходит выпадение оседающих взвешенных веществ. Выпавший осадок сползает по наклонным стенкам нижней части желоба в щель шириной 0,15 м и поступает в иловую камеру.

Нижние грани желоба должны перекрывать одна другую примерно на 0,15 м, чтобы всплывающие при перегнивании частицы или пузырьки газа не попадали в осадочный желоб. Устройство щели частично предотвращает возможность заражения осветленной воды продуктами разложения. Сброженный ил удаляют каждые 10 дней на иловые площадки из септической камеры снизу (как в вертикальных отстойниках) через иловую трубу под гидростатическим напором 1,5–1,8 м, считая от центра отверстия иловой трубы до уровня воды.

Процесс сбраживания существенно отличается от такового в септиках. Первая фаза – кислое брожение, в результате которого сложные органические вещества (белки, жиры и углеводы) расщепляются до кислот жирного ряда.

Вторая фаза – метановое брожение, при правильной эксплуатации отстойника она является постоянной. Продуктами этой фазы минерализации являются метан, диоксид углерода и частично сероводород. Щелочное брожение происходит без выделения дурнопахнущих газов.

Сброженный осадок приобретает черный цвет, легко отдает влагу, лишен неприятного запаха, в значительной степени освобожден от патогенной микрофлоры и яиц гельминтов. Влажность выгружаемого осадка в среднем 90–92 %.

Осветлители-перегниватели используют для обработки высококонцентрированных сточных вод. Осветлитель-перегниватель является комбинированным сооружением, он состоит из осветлителя с естественной аэрацией, и концентрически располагаемого внутри перегнивателя.

Осветлители проектируют в виде вертикальных отстойников с внутренней камерой флокуляции и естественной аэрацией за счет разности уровней воды в распределительной чаше и осветлителе.

Сооружения обладают рядом преимуществ. Разделение зон осветления и сбраживания исключает попадание осадка в очищенную воду, а перемешивание осадка в иловой камере способствует более интенсивному течению процесса минерализации. При необходимости биологической очистки сточных вод, прошедших септик и двухъярусный отстойник, наряду с обычными полями орошения или фильтрации применяют поля подземной фильтрации (при количестве сточных вод до 15 м<sup>3</sup>/сут.), устроенные в песчаных и супесчаных грунтах. Оросительные трубы укладывают на слой гравия, щебня или шлака на глубину 0,5–1,8 м от поверхности земли и не менее чем на 1 м выше уровня грунтовых вод. Расстояние между параллельными оросительными

ми трубами должно быть от 1,5 до 2,5 м. При хорошо работающем септике оросительная сеть может служить без очистки до 15 лет.

В компактных установках продленной аэрации заводского изготовления происходят механическая и биологическая очистка воды и обезвреживание осадка. Биологическая очистка обусловлена жизнедеятельностью активного ила, т.е. используется принцип аэротенка, как и на станциях большой мощности. С целью обезвреживания осадка применяют два приема.

Первый – режим полного окисления, сущность которого заключается в равенстве скоростей двух противоположно направленных процессов: биосинтеза и самоокисления клеточного вещества биоценоза активного ила.

Второй – аэробная стабилизация осадка, которая происходит в отдельной ступени аэротенка или в его части. В обоих случаях обезвреживание осадка достигается увеличением времени и интенсивности аэрации, что и нашло отражение в названии сооружения. Заводское изготовление установок продленной аэрации позволяет сократить сроки строительства с 3–5 лет до нескольких месяцев и повысить его качество. Отечественная промышленность освоила выпуск серии компактных установок продленной аэрации для разных объемов сточных вод (от 12 до 700 м<sup>3</sup>/сут.). Эти установки получили общий индекс «КУ»; число, следующее за индексом, показывает мощность установки. В установках мощностью до 200 м<sup>3</sup>/сут. используют полное окисление, от 200 м<sup>3</sup>/сут. и выше – аэробную стабилизацию осадка. Несмотря на простоту устройства, эксплуатация установок требует квалифицированного персонала.

Местные очистные сооружения служат для очистки сточных вод в количестве до 25 м<sup>3</sup>/сут. Они размещаются на территории объекта канализования и представлены фильтрующими колодцами, песчано-гравийными фильтрами, фильтрующими траншеями и др. При сооружении фильтрующих траншей роют котлован достаточного размера в зависимости от объема сточных вод, на его дно укладывают дренажные трубы, которые засыпают гравием, щебнем, шлаком, крупно- или среднезернистым песком.

На поверхности загрузки укладывают оросительные трубы, засыпаемые землей. Длина отдельных траншей не превышает 20–30 м. Очищенную воду после траншей отводят в овраг или водный объект с соблюдением санитарных требований.

Фильтрующие колодцы, применяемые для биологической очистки сточных вод при их количестве до 1 м<sup>3</sup>/сут., представляют собой вертикальные шахты из железобетонных колец глубиной до 2,5 м, загруженные гравием или щебнем. Для улучшения фильтрации в стенках колодца делают отверстия. При нормальном режиме фильтрации распространение бактериального загрязнения в грунте прослеживается на расстоянии 25–30 м от крайней оросительной линии. Это нужно учитывать при выборе места и взаиморасположения грунтового питьевого колодца и очистных сооружений канализации.

## СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

### Задача № 1

В реку сбрасываются стоки канализации города. Результаты исследования воды в реке выше города и в створе ближайшего пункта водопользования (село), расположенного на 5 км ниже спуска стоков города, приведены в таблице. Население села использует реку для купания, питьевое водоснабжение осуществляется из скважины.

Основные показатели загрязнения	Концентрация в мг/дм		ПДК в воде водоемов, мг/дм <sup>3</sup>	Лимитирующий показатель, класс опасности
	выше города	у села		
Запах, баллы	2	3		
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	1,3	2,4		
БПК-5, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,5	5,0		
Общие колиформные Бактерии в 100 мл	50	550		
Формальдегид, мг/дм <sup>3</sup>	0	0,03	0,05	сан.-токс., 2-й
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	0	0,009	0,02	сан.-токс., 2-й
Кадмий, мг/дм <sup>3</sup>	0	0,0005	0,001	сан.-токс., 2-й

#### Задание:

1. Определите категорию водопользования у села.
2. Дайте заключение о состоянии водного объекта у села.

*Пример решения:*

Гигиенические нормативы состава и свойств воды в водных объектах определены для двух категорий водопользования. 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.

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.

Так как население села использует реку для купания, а питьевое водоснабжение осуществляется из скважины, то категория водопользования реки у села – вторая.

Качество воды водных объектов должно соответствовать требованиям СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Содержание химических веществ не должно превышать предельно допустимые концентрации веществ в воде водных объектов.

Оценивая данные качества, отмечается, что запах воды у села составляет 3 балла, при этом по СанПиН 1.2.3685-21 для водоемов второй категории вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые непосредственно. Взвешенные вещества не должны увеличиваться по сравнению с естественными условиями (фоном выше города) более чем на 0,75 мг/дм<sup>3</sup>, в данном случае –

отмечается превышение на 1,1 мг/дм<sup>3</sup>. БПК-5 для водоемов второй категории должно быть менее 4 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в данном случае составляет 5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. ОКБ для водоемов второй категории должно быть менее 500, в данном случае составляет 550.

В случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ 1-го и 2-го классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу

$$\frac{C_1\text{факт.}}{C_1\text{доп.}} + \frac{C_2\text{факт.}}{C_2\text{доп.}} + \dots + \frac{C_n\text{факт.}}{C_n\text{доп.}} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, C_n$  – концентрация химических веществ 1-го и 2-го класса опасности: факт. (фактическая) и доп. (допустимая, ПДК).

Формальдегид, никель и кадмий относятся ко 2-му классу и имеют санитарно-токсикологический лимитирующий показатель вредности

$$\begin{aligned} \frac{C_1\text{факт.}}{C_1\text{доп.}} + \frac{C_2\text{факт.}}{C_2\text{доп.}} + \frac{C_3\text{факт.}}{C_3\text{доп.}} &= \frac{0,03}{0,05} + \frac{0,009}{0,02} + \frac{0,0005}{0,01} = \\ &= 0,06 + 0,45 + 0,5 = 1,55. \end{aligned}$$

При оценке водоема в соответствии с гигиенической классификацией водных объектов по степени загрязнения: по запаху степень загрязнения водоема умеренная, индекс загрязнения – 1; по формальдегиду степень загрязнения водоема допустимая, индекс загрязнения – 0; по никелю степень загрязнения водоема допустимая, индекс загрязнения – 0; по кадмию степень загрязнения водоема допустимая, индекс

загрязнения – 0; по БПК-5 степень загрязнения водоема умеренная, индекс загрязнения – 1 (БПК-5 составляет 75 % от БПК-20, т.о. БПК-20 –  $7,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  по условиям задачи); по ОКБ степень загрязнения водоема допустимая, индекс загрязнения – 0 (500 в 100 мл, 5000 в  $1 \text{ дм}^3$ , т.е.  $5 \times 10^3$ ).

*Заключение:*

Категория водопользования у села – вторая. Качество воды водного объекта не соответствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

### *Задача № 2*

Возможен ли выпуск в водоем сточных вод, в которых содержатся: мышьяк – 2 мг/л, бензол – 15 мг/л, тринитротолуол – 12 мг/л, – при отсутствии этих примесей в речной воде выше места сброса и при разбавлении в водоеме у ближайшего места водопользования в 50 раз?

*Пример решения:*

При разбавлении в воде водоема концентрация веществ будет:

Мышьяк:  $2/50 = 0,04 \text{ мг/л}$  – класс опасности 2-й, ПДК 0,05 мг/л;

Бензол:  $15/50 = 0,3 \text{ мг/л}$  – класс опасности 2-й, ПДК 0,5 мг/л;

Тринитротолуол:  $12/50 = 0,24$  – класс опасности 4-й, ПДК 0,5 мг/л.

Концентрации веществ в воде водоема не превышают ПДК, однако, в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21, в случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ

1-го и 2-го классов опасности, характеризующихся односторонним механизмом токсического действия, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу:

$$\frac{C_1\text{факт.}}{C_1\text{доп.}} + \frac{C_2\text{факт.}}{C_2\text{доп.}} + \dots + \frac{C_n\text{факт.}}{C_n\text{доп.}} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, C_n$  – концентрация химических веществ 1-го и 2-го класса опасности: факт. (фактическая) и доп. (допустимая, ПДК).

Мышьяк и бензол относятся ко 2-му классу и имеют санитарно-токсикологический лимитирующий показатель вредности:

$$\frac{C_1\text{мышьяк}}{C_1\text{мышьяк}} + \frac{C_2\text{бензол}}{C_2\text{бензол}} = \frac{0,04}{0,05} + \frac{0,03}{0,5} = 0,8 + 0,6 = 1,4$$

*Заключение:*

Качество воды не отвечает требованиям СанПиН 1.2.3685-21, т.к. несмотря на то, что концентрации химических веществ не превышают ПДК, эффект суммации  $> 1$ . Выпуск сточных вод невозможен.

### *Задача № 3*

На очистные сооружения города М. с проектной мощностью  $6000 \text{ м}^3/\text{сут.}$  ежедневно поступает  $6500 \text{ м}^3$  хозяйственно-бытовых сточных вод. В состав очистных сооружений входят решетки, песколовки, первичные отстойники,

биофильтры, вторичные отстойники, хлораторная с контактным резервуаром.

Все сооружения находятся в удовлетворительном состоянии. Проведены лабораторные исследования сточных вод на разных этапах очистки. Результаты представлены в таблице.

Показатель	До очистных сооружений	После первичных отстойников	После биофильтров	На выпуске
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	152	65	-	-
Окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	57	42	28	28
БПК-5, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	126	118	44	42
Аммиак, мг/дм <sup>3</sup>	-	14,1	12	10
Остаточный хлор, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	0,5
ОКБ, КОЕ/100 мл	-	-	-	1000
Колифаги, БОЕ/100 мл	-	-	-	1000

У ближайшего пункта водопользования (пляж города Д.) ОКБ – 1500 КОЕ/100 мл, БПК-5 – 7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

### **Задание:**

Дайте заключение об эффективности работы станции очистки с обоснованием технической и гигиенической эффективности работы сооружений по механической и биологической очистке и по обеззараживанию сточных вод.

### *Задача № 4*

Оцените техническую и гигиеническую эффективность очистки сточных вод на биологических очистных сооружениях, если сточные воды сбрасываются в черте города И., а в 10 км ниже по течению на реке расположен населенный пункт А, использующий водоем для хозяйственно-питьевых нужд.

Сточная вода до очистки имеет БПК-5 350 мг/л, после очистки – 17 мг/л. У населенного пункта А в воде водоема БПК-5 – 5 мг/л.

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

*Выберите один правильный ответ*

1. ПРОЦЕСС ЕСТЕСТВЕННОГО САМООЧИЩЕНИЯ В ВОДОЕМЕ – ЭТО

- 1) физические процессы, ведущие к осветлению воды
- 2) биологические механизмы, ведущие к снижению органического загрязнения воды
- 3) совокупность физических, химических и биологических механизмов, ведущих к восстановлению первоначальных свойств и состава воды
- 4) микробиологические процессы, ведущие к осветлению воды

2. ОДНИМ ИЗ ОБЩИХ СВОЙСТВ ВОДЫ РЕК ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) низкая минерализация
- 2) низкое содержание взвешенных веществ

- 3) небольшое микробное загрязнение
- 4) отсутствие растворенного кислорода
- 5) постоянство объема воды независимо от метеоусловий

### 3. ФАКТОРЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В САМООЧИЩЕНИИ ПРИРОДНЫХ ВОД

- 1) микроорганизмы
- 2) жесткость воды
- 3) низкий уровень минерализации
- 4) наличие механических примесей в воде
- 5) наличие в воде углекислого газа

### 4. ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО НАДЗОРА ПО РАЗДЕЛУ «САНИТАРНАЯ ОХРАНА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ»

- 1) контроль санитарного режима водных объектов
- 2) надзор за работой гидротехнических сооружений
- 3) контроль состояния биоценоза водных объектов
- 4) надзор за качеством воды в пунктах 1 и 2 категории водопользования населения

### 5. СБРОС ЛЮБЫХ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ НЕ ДОПУСКАЕТСЯ

- 1) в пределах первого пояса зоны санитарной охраны источника питьевого водоснабжения
- 2) в водохранилища энергетического назначения
- 3) в реки с продолжительностью ледостава более 3 месяцев
- 4) с речных судов, оборудованных сооружениями для очистки сточных вод

## 6. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УСТАНОВЛИВАЮТСЯ МЕТОДОМ

- 1) санитарно-токсикологического эксперимента на теплокровных лабораторных животных
- 2) эксперимента на холоднокровных организмах-обитателях водных объектов
- 3) расчета на основании физико-химических свойств вещества и параметров острой токсичности
- 4) эпидемиологического наблюдения за здоровьем популяции людей

## 7. ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ (ОДУ) ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УСТАНОВЛИВАЮТСЯ МЕТОДОМ

- 1) санитарно-токсикологического эксперимента на теплокровных лабораторных животных
- 2) эксперимента на холоднокровных организмах – обитателях водных объектов
- 3) расчета на основании физико-химических свойств вещества и параметров острой токсичности
- 4) эпидемиологического наблюдения за здоровьем популяции людей

## 8. К ПЕРВОЙ КАТЕГОРИИ САНИТАРНО-БЫТОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ОТНОСЯТСЯ

- 1) водохранилища
- 2) участки водного объекта, используемые в качестве источников питьевого водоснабжения и водоснабжения предприятий пищевой промышленности

- 3) участки водного объекта – нерестилища ценных пород рыб
- 4) озера и крупные реки

**9. КО ВТОРОЙ КАТЕГОРИИ САНИТАРНО-БЫТОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ОТНОСЯТСЯ**

- 1) пруды
- 2) малые реки
- 3) участки водного объекта, используемые в целях рекреации
- 4) соленые озера

**10. К САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫМ МИКРООРГАНИЗМАМ В ВОДНОЙ СРЕДЕ ОТНОСЯТСЯ**

- 1) клебсиелы
- 2) гемолитический стафилококк
- 3) холерный вибрион
- 4) термотолерантные колиформные бактерии
- 5) сальмонеллы брюшного тифа

**11. ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ УСЛОВИЙ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД ПРОЕКТИРУЕМОГО ПРЕДПРИЯТИЯ РАСЧЕТНЫЙ СТОК РАСПОЛАГАЕТСЯ**

- 1) у первого после спуска пункта водопользования
- 2) ниже первого после спуска пункта водопользования
- 3) на 1 км выше места спуска сточных вод
- 4) на 1 км ниже места спуска сточных вод

12. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОЦЕНИВАЕТСЯ ПО КАЧЕСТВУ ВОДЫ ВОДНОГО ОБЪЕКТА В КОНТРОЛЬНОМ СТВОРЕ

- 1) у первого после спуска пункта водопользования
- 2) ниже первого после спуска пункта водопользования
- 3) на 1 км выше места спуска сточных вод
- 4) на 1 км ниже места спуска сточных вод

13. СМЕСЬ, СОСТОЯЩАЯ ИЗ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД, ДОПУЩЕННЫХ К ПРИЕМУ В КАНАЛИЗАЦИЮ, – ЭТО

- 1) промышленные сточные воды
- 2) городские сточные воды
- 3) хозяйственно-бытовые сточные воды
- 4) фановые сточные воды

14. НОРМАТИВНО ДОПУСТИМЫЙ СБРОС – ЭТО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ НОРМАТИВ, ВЫПОЛНЕНИЕ КОТОРОГО ОБЕСПЕЧИВАЕТ СОБЛЮДЕНИЕ ПДК ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

- 1) в сточных водах, прошедших очистку
- 2) сточных водах в месте сброса их в водоем
- 3) воде водного объекта у ближайшего после спуска сточных вод пункта водопользования
- 4) воде водного объекта выше места спуска сточных вод

15. БЛИЖАЙШИЙ К МЕСТУ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД ПУНКТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА СОСРЕДОТОЧЕННЫМ СБРОСОМ УСТАНАВЛИВАЕТСЯ

- 1) у первого ниже по течению пункта санитарно-бытового водопользования

- 2) не далее 500 м по течению от места спуска сточных вод предприятия
- 3) на расстоянии 5 км по течению от места спуска сточных вод предприятия
- 4) на расстоянии суточного пробега воды от места спуска сточных вод предприятия

16. НАИБОЛЬШЕЕ КОЛИЧЕСТВО БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСТУПАЕТ В ВОДОЕМЫ

- 1) с хозяйственно-бытовыми сточными водами
- 2) стоком с сельскохозяйственных полей
- 3) промышленными сточными водами
- 4) ливневыми сточными водами

17. К ОТСТОЙНИКАМ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И СБРАЖИВАНИЯ ОСАДКА ОТНОСИТСЯ

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1) горизонтальный | 3) двухъярусный |
| 2) вертикальный   | 4) радиальный   |

18. К СООРУЖЕНИЯМ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТНОСИТСЯ

- |                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| 1) биофильтр                | 3) аэрофильтр      |
| 2) горизонтальный отстойник | 4) поля фильтрации |

19. К СООРУЖЕНИЯМ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ ОТНОСИТСЯ

- |               |                       |
|---------------|-----------------------|
| 1) аэротенк   | 4) биологический пруд |
| 2) аэрофильтр | 5) метантенк          |
| 3) биофильтр  |                       |

20. ВЫБЕРИТЕ ТИП СООРУЖЕНИЯ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД, В КОТОРОМ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ СБРАЖИВАНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО ИЛА

- 1) метантенк
- 2) аэрофильтр
- 3) аэротенк
- 4) биофильтр

21. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОТСТОЙНИКОВ ОЦЕНИВАЕТСЯ ПО АНАЛИЗУ

- 1) БПК
- 2) окисляемости
- 3) содержания термотолерантных колиформ
- 4) содержания взвешенных веществ

22. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛЕНКА ОБРАЗУЕТСЯ НА СЛЕДУЮЩИХ СООРУЖЕНИЯХ

- 1) аэротенке, метантенке
- 2) вторичном отстойнике
- 3) первичном отстойнике
- 4) биофильтре, аэрофильтре

23. ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

- 1) снижение концентрации взвешенных веществ
- 2) задержание патогенных бактерий
- 3) задержание цист лямблий и яиц гельминтов
- 4) снижение концентрации растворенных и коллоидных органических веществ
- 5) улучшение органолептических свойств сточной жидкости

## 24. ОСНОВНАЯ ЗАДАЧА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

- 1) снижение концентрации взвешенных веществ
- 2) задержание патогенных бактерий
- 3) снижение концентрации растворенных и коллоидных органических веществ
- 4) улучшение органолептических свойств сточной жидкости

### Список литературы

1. Коммунальная гигиена: учебник / под ред. *В. Т. Мазаева*. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 704 с.
2. Гигиена и основы экологии человека: учебник / *Ю.П. Пивоваров, В.В. Королик, Л.С. Зиневич*. – М.: Академия, 2006. – 400 с.
3. Гигиена: учебник / под ред. *Г.И. Румянцева*. – М., 2008. – 608 с.

## II. ГИГИЕНА ПОЧВЫ

### Санитарно-эпидемиологическое значение почвы. Санитарная очистка населенных мест

**Цель занятия:** дать студентам знания о методике оценки степени загрязнения почвы и системе мероприятий по охране почвы; научить студентов оценивать степень влияния антропогенного загрязнения почвы на состояние здоровья населения.

**План проведения занятия:**

Работа с нормативными документами, оценка практических навыков, решение ситуационных задач и тестовый контроль.

**Студент должен знать:**

- методы гигиенического исследования почвы;
- основные источники загрязнения почвы;
- эпидемиологическое и санитарно-гигиеническое значение почвы;
- оценочные показатели и показатели вредности при нормировании химических веществ в почве;
- методику организации очистки населенных мест;
- системы удаления отходов;
- методы обезвреживания твердых отходов.

**Студент должен уметь:**

- оценить анализ почвы населенных мест;
- использовать нормативные документы для оценки санитарного состояния почвы населенных мест;

– практически подходить к гигиеническому обоснованию наиболее рациональных методов сбора, удаления и обезвреживания отходов;

– определять накопление твердых отходов конкретного населенного пункта;

– выявлять причины возникновения инфекционных (геоэпидемических) заболеваний, фактором передачи которых является почва;

– проводить разъяснительную работу (через выпуск санбюллетеней) по предупреждению распространения патологии через почву.

***Студент должен владеть:***

– навыками работы с нормативной, нормативно-технической, законодательной и правовой документацией в пределах профессиональной деятельности;

– методикой сбора социально-гигиенической информации; информации о состоянии здоровья населения.

Изучение данной темы направлено на формирование у обучающихся ***компетенций***:

УК-1: способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

ОПК-2: способность проводить и осуществлять контроль эффективности мероприятий по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний у детей, формированию здорового образа жизни и санитарно-гигиеническому просвещению населения;

ПК-7: способность к организации, осуществлению и оценке эффективности профилактической работы, в т.ч. санитарно-просветительной, с детьми различных возрастно-половых групп и их родителями.

***Контрольные вопросы:***

1. Понятие почвы как элемента биосферы.
2. Минеральный и органический состав почвы.
3. Гигиеническое значение почвы.
4. Физические свойства почвы.
5. Почва – фактор распространения инфекционных заболеваний.
6. Пути загрязнения почвы.
7. Биогеоэндемические заболевания. Примеры биогеохимических заболеваний и меры по их профилактике.
8. Роль фтора и йода в почве для человека.
9. Виды антропогенного загрязнения почвы.
10. Пищевая цепочка с участием почвы.
11. Деградация почвы. Пути защиты почвы от эрозии, истощения и загрязнения.
12. Процессы самоочищения в почве.
13. Система удаления твердых отходов.
14. Мероприятия по охране почвы.
15. Организация контроля качества почвы.

***Задания для самостоятельной  
подготовки к занятию***

Каждый студент при подготовке к занятию должен проработать теоретический материал данной темы в соответствии с контрольными вопросами, ознакомиться со справочно-информационным материалом, решить тест и задачи.

## *Справочно-информационный материал*

Почва как неотъемлемая часть экологической системы наряду с солнечным светом, водой, температурой окружающей среды является важнейшим компонентом обитания человека и животных.

### **Гигиеническая характеристика почвы**

**Почва** – это верхний плодородный слой земной коры, представляющий собой комплекс минеральных и органических веществ, заселенный живыми организмами. Толщина почвы составляет от нескольких сантиметров до 2 м и более. Почва состоит из *материнской породы (минеральные соединения), мертвого органического вещества; гумуса (перегной); живых организмов; воздуха и воды.*

На вертикальном разрезе почвы можно увидеть несколько слоев (горизонтов). Последовательность этих горизонтов называется почвенным профилем. *Верхний (пахотный) слой почвы* содержит корни растений, грибы, микроорганизмы, множество различных почвенных насекомых и животных. В этом горизонте происходит основной круговорот органических веществ.

*Гумус* состоит из лигнина, клетчатки, протеиновых комплексов и других органических соединений. Гуминовые кислоты, которые входят в состав гумуса, представляют собой высокомолекулярные соединения, образовавшиеся из продуктов распада лигнина, клетчатки, белков, жиров и углеводов. Гумус способствует сохранению воды в почве и поддерживает ее в рыхлом состоянии.

*Подпочва*, расположенная под верхним слоем почвы, содержит неорганические соединения, которые образовались в результате разложения органических веществ.

*Третий слой почвы – материнская порода*, на основе которой образовалась почва. Этот слой состоит в основном из глины, песка, извести, ила, включающих соли кальция, магния, алюминия и другие макро- и микроэлементы.

Типы почв различаются определенными комбинациями почвенных горизонтов. В зависимости от соотношения *песка и глины* все почвы делятся на *песчаные, супесчаные, глинистые и суглинистые*. На территории России встречается более 90 видов почв, 7 из них наиболее часто: *тундровые, дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, каштановые, сероземы, красноземы*.

Почвенные вода и воздух определяют физические свойства почвы: пористость, воздухо- и водопроницаемость, влагоемкость, капиллярность, тепловой режим почвы.

Почвенная вода. В почве всегда содержится то или иное количество влаги, поступившей с атмосферными осадками или поднявшейся по капиллярам из нижележащих слоев земли, а также образовавшейся в результате поглощения паров воды из атмосферного воздуха. Вода необходима для существования живых организмов и роста растений. Она служит универсальным растворителем органических и минеральных соединений, транспортом для доставки химических веществ растениям. Почвенная влага существенно влияет на тепловые свойства почвы, увеличивая ее теплоемкость и теплопроводность. Из почвенных вод образуются грунтовые воды.

Почвенный воздух. Его количество определяется свойством и характером почв. Почвенный воздух даже чи-

стых почв всегда содержит повышенное, по сравнению с атмосферным, количество углекислого газа (до 8 %), содержание кислорода снижается до 14 %. При ограниченном доступе воздуха в толще отбросов развиваются гнилостные процессы с выделением зловонных газов и паров (сероводород, аммиак, фтористый водород, индол, скатол, метилмеркаптан), способных в соответствующих концентрациях токсически воздействовать на организм человека.

**Пористость.** Под пористостью почвы понимают суммарный объем пор в единице объема почвы, выраженный в процентах. Чем выше пористость, тем ниже фильтрационная способность почвы. Например, пористость песчаной почвы составляет 40 %, торфяной – 82 %. При пористости 60–65 % в почве создаются оптимальные условия для самоочищения от биологических и химических загрязнителей. При более высокой пористости процесс самоочищения почвы замедляется.

**Воздухопроницаемость.** Это способность почвы пропускать воздух. Данное свойство почвы определяется величиной ее пор. Воздухопроницаемость увеличивается с ростом барометрического давления и уменьшается с увеличением толщины слоя и влажности почвы. Высокая воздухопроницаемость почвы способствует обогащению ее кислородом, что имеет большое гигиеническое значение, так как повышает биохимические процессы окисления органических веществ.

**Водопроницаемость** (фильтрационная способность) – это способность почвы впитывать и пропускать воду, поступающую с поверхности. Это свойство оказывает решающее влияние на образование почвенных вод и накопление их запасов в недрах земли.

Влагоемкость. Это количество влаги, которое почва способна удерживать сорбционными и капиллярными силами. Влагоемкость тем больше, чем меньше поры почвы и чем больше их суммарный объем. Гигиеническое значение этого свойства почвы связано с тем, что большая влагоемкость создает предпосылки для сырости почвы и находящихся на ней зданий, уменьшает проницаемость почвы для воздуха и воды и мешает очищению сточных вод. Такие почвы являются нездоровыми, сырыми и холодными.

Капиллярность. Это способность почвы поднимать по капиллярам воду из нижних горизонтов в верхние. Чем менее зерниста почва, т.е. чем более она мелкопористая, тем больше ее капиллярность, тем выше поднимается по ней вода. Большая капиллярность почвы может быть причиной сырости зданий.

Температура почвы. От температуры почвы в значительной степени зависят температура приземного слоя атмосферы, тепловой режим помещений подвалов и первых этажей зданий. На глубине 1 м почва не имеет температурных суточных колебаний. На уровне 8 м почва сохраняет наиболее низкую температуру в мае, а наиболее высокую в декабре. Это имеет значение для хранения пищевых продуктов в подвальных помещениях, где летом прохладнее, а зимой теплее, чем на поверхности. Температура почвы существенно влияет на жизнедеятельность почвенных организмов и процессы самоочищения. Быстрее нагреваются каменистые и сухие почвы со склоном, обращенным на юг и юго-восток.

Крупнозернистые почвы, как правило, обладают хорошей воздухо- и водопроницаемостью, мелкозернистые – значительной водоемкостью, высокой гигроскопичностью и

капиллярностью. В гигиеническом отношении для жилищного и коммунального строительства следует выбирать участки с крупнозернистой почвой.

Почвенные организмы. Существа, живущие в почве, оказывают на нее прямое и косвенное воздействие. Среди них есть лучистые грибы (актиномицеты), водоросли, бактерии, вирусы, которые образуют почвенную флору. Кроме того, в почве обитают одноклеточные организмы, простейшие, нематоды, клещи, ногохвостки, пауки, улитки, жуки, личинки и куколки мух, дождевые черви, позвоночные животные, представляющие почвенную фауну. Количество организмов подвержено существенным колебаниям, что обусловлено составом и химическими свойствами почвы, температурным режимом, солнечной радиацией, аэрацией, механической обработкой почвы и др.

### **Геохимическое и токсикологическое значение почвы**

Химический состав почвы очень сложен, в ней есть минеральные (неорганические) и органические вещества. Минеральные соединения (90–99 %) включают соли кремния, кальция, магния, алюминия и др. В основном это песок, глина, известь и ил. Значительное место в минеральном составе почвы занимают природные глины (алюмосиликаты), способные к ионному обмену. Благодаря этому из почвенного раствора могут поглощаться ионы некоторых металлов, а также катионы органических оснований, в том числе такие, как диэтиламин, триэтиламин, гидразин, анилин, ксилидин. В минеральный состав почвы входят практически

все элементы периодической системы Д.И. Менделеева. Обеспеченность микроэлементами организма человека обусловлена их содержанием в почве, воде и пищевых продуктах, их количественным соотношением и усвояемостью.

Железо, йод, медь, хром, кобальт, молибден, марганец, цинк, селен признаны эссенциальными (жизненно необходимыми) микроэлементами, при недостатке которых возникают функциональные нарушения, устраняемые путем введения в организм этих веществ. К условно эссенциальным микроэлементам относят фтор, никель, ванадий, мышьяк, кремний, литий, бор, бром. В группу токсичных микроэлементов входят алюминий, кадмий, свинец, ртуть, бериллий, барий, висмут, таллий и др. В значительных концентрациях большинство химических элементов становятся токсичными, причиняют вред, иногда необратимый, ведут к функциональным нарушениям, деформациям, смерти.

Вследствие особенностей геологических и почвообразовательных факторов в почве **биогеохимических провинций** отмечается дефицит или профицит некоторых химических элементов, что отражается на химическом составе воды и растений. У человека, потребляющего растительную и животную пищу с таких территорий, развиваются **биогеохимические эндемии**. Эндемические заболевания чаще всего характеризуются нарушениями обмена веществ. В настоящее время хорошо изучено такое эндемическое заболевание, как **эндемический зоб**, развивающийся вследствие недостаточного поступления в организм человека **йода**. В эндемичных по зобу районах отмечается нарушение физического развития детей, уродства, снижение умственной работоспособности и иммунитета, может развиваться эндемический кретинизм с задержкой роста и слабоумием.

Недостаток *селена* – *гипоселеноз (селеновый токсикоз)* в эндемичных регионах вызывает иммунодефицитные состояния, воспаление суставов, дистрофию миокарда, замедление роста, нарушение репродуктивной, легочной, печеночной функций, развитие онкологических и кожных заболеваний, катаракты, глаукомы. *Молибден* является частичным антагонистом меди в биологических системах. Его избыток может привести к возникновению подагры – «*эндемическая молибденовая подагра*». Избыток молибдена способствует нарушению синтеза витамина В<sub>12</sub> и повышению активности фосфатазы. *Борный энтерит* – эндемическое заболевание желудочно-кишечного тракта людей и животных в регионах с повышенным содержанием *бора* в окружающей среде.

**Загрязнение почвы** – это появление в ней химических соединений, не являющихся ее естественной составной частью и не свойственных почве данного типа или местных разновидностей. Основные **источники загрязнения почвы** – промышленные предприятия, коммунально-бытовые объекты, сельскохозяйственное производство и транспорт, удаляющие отбросы с загрязнителями на поверхность земли. Мощное загрязнение почвы отмечается в городах с развитой промышленностью, сельских поселениях и агроценозах с интенсивным сельскохозяйственным производством. Загрязнение почвы приводит к изменению ее состава и свойств и образованию искусственных биогеохимических провинций, содержащих пестициды, удобрения, тяжелые металлы и другие токсические вещества.

**Пестициды**, включающие хлорорганические, фосфорорганические, ртутьорганические, мышьяксодержащие, производные мочевины, цианистые соединения, производные карбаминовой, тио- и дитиокарбаминовой кислот, пре-

параты меди, производные фенола, серы и ее соединений, являются наиболее опасными загрязнителями почвы. *Акарициды, альгициды, антисептики, бактерициды, зооциды, инсектициды, лимациды, нематоциды и фунгициды* включаются в экологические пищевые цепочки и в конечном счете с пищей и водой попадают в организм человека, вызывая отравления с поражением пищеварительной, нервной и выделительной систем и паренхиматозных органов, и отдаленные мутагенные и канцерогенные эффекты. Особенно опасны пестициды для детей. В районах массированного применения пестицидов общая заболеваемость детей до шести лет в 4,6 раза выше, чем в районах с наименьшей химизацией.

Поступившие в организм *нитраты* вызывают почвонитратную метгемоглобинемию. Установлена возможность тератогенного и эмбриотоксического действия нитратов. Хроническое воздействие нитратов приводит к иммунодепрессии.

Загрязнение почвы *фтором* за счет промышленных выбросов обуславливает накопление его в растениях, а затем развитие флюороза у людей, потребляющих эти растения. При этом отмечается нарушение кроветворения, фосфорно-кальциевого обмена, патология печени, почек.

Выбросы суперфосфатных заводов загрязняют почву фтором, мышьяком, железом, цинком, медью. У населения, проживающего в районе завода и не связанного с производством, отмечены повышенное содержание мышьяка в волосах (в 29 раз выше обычного) и выделение его с мочой. Установлено повышение заболеваемости взрослых и ухудшение состояния здоровья детей.

Повышенное содержание *ртуты* в почве населенных мест приводит к увеличению частоты заболеваний нервной

и эндокринной систем, мочеполовых органов, снижению фертильности.

При повышенном содержании **свинца** в почве у населения наблюдаются патологические изменения со стороны кроветворной и репродуктивной систем, органов внутренней секреции, а также отмечается учащение случаев злокачественных новообразований.

В искусственно образовавшихся эндемических провинциях выявляется повышение бластомогенной опасности почвы, обусловленное повышенным содержанием **бенз(а)пирена** вблизи аэродромов, ТЭЦ, автомагистралей, нефтехимических комбинатов, сажевых и коксохимических заводов.

При ядерных взрывах почва загрязняется **радиоизотопами** углерода, водорода, цезия, стронция, йода, циркония, плутония. На урановых рудниках, заводах по получению обогащенного урана и производству ядерного горючего, энергетических реакторах основные загрязнители – радиоактивные уран, радий, цирконий, йод, аргон, железо, кобальт. В радиологических отделениях больниц, радиоизотопных лабораториях – радиоизотопы кобальта, цезия, йода, фосфора, золота, стронция, таллия, радия, бериллия. Загрязнение почвы **радионуклидами** приводит к повышению экспозиционной дозы и внешнему облучению человека с развитием лучевой болезни, лучевых эпидермитов и дерматитов. При повышенной **радиоактивности** почвы радиоактивные изотопы, поступающие алиментарным путем с растительной и животной пищей, обладают радиотоксичностью и обуславливают внутреннее облучение, вызывая лучевые энтериты. Всасывание радионуклидов в кровь и выведение из организма приводит к поражению других органов.

По степени химического загрязнения почвы населенных мест могут быть разделены на следующие категории по уровню загрязнения: чистая, допустимая, умеренно опасная, опасная и чрезвычайно опасная в зависимости от количественных характеристик (табл. 10).

Таблица 10

Критерии чистоты почвы по степени химического загрязнения

Категории загрязнения	Суммарный показатель загрязнения (Zс)	Содержание в почве (мг/кг)					
		I класс опасности		II класс опасности		III класс опасности	
		Органические соединения	Неорганические соединения	Органические соединения	Неорганические соединения	Органические соединения	Неорганические соединения
Чистая	–	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК
Допустимая	< 16	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК
Умеренно опасная	16–30					от 2 до 5 ПДК	от ПДК до K <sub>max</sub>
Опасная	32–128	от 2 до 5 ПДК	от ПДК до K <sub>max</sub>	от 2 до 5 ПДК	от ПДК до K <sub>max</sub>	> 5 ПДК	> K <sub>max</sub>
Чрезвычайно опасная	> 128	> 5 ПДК	> K <sub>max</sub>	> 5 ПДК	> K <sub>max</sub>		

### Эпидемиологическое значение почвы

В почве могут находиться и передаваться человеку прямым контактным и непрямым (через пыль, воду, животных, пищевые продукты, напитки) путем возбудители многих инфекционных заболеваний, а также яйца и личинки гельминтов (рисунок).

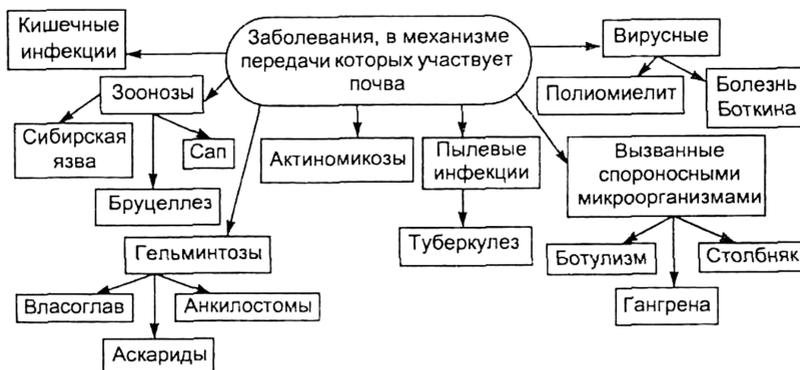


Рис. Основные инфекционные заболевания, в механизме передачи которых участвует почва

В почве, сильно загрязненной органическими веществами, возбудители могут длительно сохранять жизнеспособность. В частности, бактерии тифопаратифозной группы выживают в почве до 400 дней, дизентерии – до 100 дней, сибирской язвы – десятки лет, вирусы полиомиелита – до 150 дней, яйца аскариды – до года (табл. 11).

Таблица 11

Длительность сохранения в почве патогенных микроорганизмов  
(по К.Д. Пяткину)

Бактерии	Срок сохранения в почве, мес.	
	средний	максимальный
Сальмонеллы брюшного тифа	0,5	12
Дизентерийная палочка	1	2
Холерные вибрионы	0,5	4
Микобактерии туберкулеза	3	7
Бруцеллы	0,5	2
Пастереллы чумы	0,1	1
Возбудители туляремии	0,5	2,5

К числу наиболее опасных болезней человека и животных относится *сибирская язва*. Возбудитель сибирской язвы – сибиреязвенная палочка, которая, попадая с мочой и испражнениями больных животных в почву, образует вокруг себя споры и в таком состоянии может сохраняться годами, особенно в каштановых и черноземных почвах. Животные заражаются сибирской язвой, поедая корм, загрязненный этой палочкой; человек, как правило, – при контакте с больными или павшими животными, через продукты и сырье, полученные от больных животных (мясо, шерсть, шкуры), а также при непосредственном соприкосновении с почвой.

Опасность для человека представляет и *столбнячная палочка*, которая обнаруживается в почве разных географических районов. Заражение человека происходит через поврежденную кожу или слизистую оболочку при контакте с зараженной почвой.

Спороносная палочка – возбудитель *ботулизма*, тяжелого пищевого отравления. Попадая на овощи, ягоды, фрукты, рыбу, грибы и другие продукты, при благоприятных анаэробных условиях она из споры превращается в вегетативную форму, продуцирующую токсин (яд). По силе своего действия на организм человека и животного этот токсин превосходит все другие бактериальные токсины и химические яды. Ботулизм зарегистрирован во многих странах мира – в США, Канаде, Японии, России, во Франции.

Из числа временных микроорганизмов, обитающих в почве, большую группу составляют возбудители *кишечных инфекций* (брюшного тифа, паратифов, дизентерии, холеры), *бруцеллеза*, *туляремии*, *чумы*, *коклюша*. Они попадают

в почву только при определенных условиях (с выделениями больных, с нечистотами и др.). Нельзя сказать, что почва – благоприятная среда для их обитания. В их гибели, наряду с недостатком питательных веществ, не всегда оптимальными влажностью и температурой почвы, большую роль играет антагонизм между различного рода почвенными микроорганизмами. Не находя подходящих условий, патогенные для человека и животных неспорозисные бактерии погибают обычно относительно быстро.

*Актиномиценты*, вызывающие поверхностные и глубокие микозы, а также *микобактерии* — возбудители туберкулеза, проказы и дифтерии – при попадании в почву также несут ощутимую угрозу: палочки туберкулеза остаются жизнеспособными до 15 месяцев, дифтерийные палочки – до двух-трех недель.

Велика роль почвы в распространении гельминтозов – болезней, вызываемых внедрением в организм глистов-паразитов (гельминтов). Одна из стадий развития (дозревания яиц) гельминтов (аскарид, власоглав и др.) происходит в почве. Зрелые яйца могут попасть в организм человека через загрязненные руки, при употреблении загрязненных овощей и ягод, воды. Яйца таких гельминтов, как свиной и бычий цепни (солитеры), из почвы попадают в корм крупного рогатого скота, свиней. В кишечнике этих животных они превращаются в личинки, которые с током крови разносятся по всему телу и поселяются главным образом в мышечных тканях. Человек может заразиться ими, употребляя в пищу мясо больных коров и свиней, не прошедшее достаточную термическую обработку.

## Самоочищение почвы

Главная роль в самоочищении почвы принадлежит биологическим формам. Помимо бактерий, населяющих почву, в самоочищении участвуют грибки, простейшие, личинки насекомых, черви и т. д. Самоочищение почвы от органических загрязнений сводится к следующему:

1. Патогенные микроорганизмы под воздействием неблагоприятных для них биологических условий обычно гибнут или теряют (изменяют) свои свойства.

2. Яйца гельминтов под воздействием ультрафиолета и других внешних факторов теряют свою жизнеспособность и гибнут.

3. Сложные органические вещества, загрязняющие почву, под воздействием энзимов, выделяемых почвенными бактериями, расщепляются на более простые соединения. Этот распад идет до образования газообразных продуктов, улетучивающихся в атмосферу, смешивающихся с почвенными газами или адсорбируемых частицами почвы, минеральных соединений, которые частично растворяются в почвенной воде.

На различных стадиях распада органических веществ одни виды микроорганизмов сменяются другими. Распад органических веществ проходит две стадии: *минерализацию и нитрификацию*.

Схематически процесс *минерализации* органических веществ в почве можно представить следующим образом: сложные молекулы белков под воздействием энзимов, выделяемых микроорганизмами, расщепляются на более простые соединения. В обстановке достаточного доступа кислорода процесс минерализации проходит быстро, с пре-

обладанием окислительных процессов, зловонные газы не выделяются и самоочищение почвы вступает в новый этап – нитрификацию. При недостатке кислорода азот и сера белков восстанавливаются до аммиака и сероводорода, загрязняющих атмосферный воздух.

**Нитрификация** проходит в два этапа, независимых один от другого и обусловленных жизнедеятельностью различных микроорганизмов. На первом этапе, в условиях доступа кислорода, под воздействием нитрозобактерий аммиак окисляется до азотистой кислоты. На втором этапе азотистая кислота окисляется до азотной кислоты.

Следует обратить внимание на то, что соли азотистой кислоты (нитриты) являются промежуточным продуктом распада белковых веществ, и поэтому наличие повышенного количества нитритов в почве является одним из признаков недавнего загрязнения органическими веществами. Соли азотной кислоты (нитраты) являются конечным продуктом минерализации органических веществ, и наличие их свидетельствует о давнем загрязнении, о законченности процессов минерализации. Значение нитрификации заключается в том, что в результате этого процесса азот органических соединений переходит в усвояемые растениями соединения.

Аналогично проходят процессы окисления серы до сернистой кислоты (сульфитов) и затем до серной кислоты (сульфатов), фосфора – до фосфорной кислоты (фосфатов) и т. д.

В почве наряду с процессами распада протекают и процессы синтеза, в результате которых образуется органическое вещество – **гумус**, имеющий большое агрономическое значение. Несмотря на то, что гумус состоит из органических соединений, он не выделяет дурнопахнущих га-

зов, не загнивает, не содержит патогенных микроорганизмов и не привлекает мух.

Сроки, в течение которых происходит самоочищение почвы, различны и определяются строением почвы (в крупнозернистых почвах процессы самоочищения проходят быстрее), воздушным, водным и тепловым режимами почвы и количеством загрязнений.

### **Критерии качественной санитарно-гигиенической оценки почвы**

**1. Санитарно-химические критерии.** Сюда относится *санитарное число Хлебникова* – это отношение азота гумуса к общему азоту. Общий азот включает в себя азот гумуса и азот загрязнений. Почва считается чистой, если санитарное число приближается к 1. Для санитарно-гигиенической оценки почвы также важно знать содержание таких показателей загрязнения, как нитриты, соли аммиака, нитраты, хлориды, сульфаты. Их концентрация или доза должны сравниваться с контрольной для данной местности почвой. Производится оценка почвенного воздуха на предмет содержания в нем водорода и метана наряду с углекислым газом и кислородом.

**2. Санитарно-бактериологические показатели.** К ним относятся титры микроорганизмов. Почва считается чистой, если титр бактерий группы кишечной палочки не превышает 4,0. По содержанию микроорганизмов в почве можно определить давность фекального загрязнения: свежее – в почве обнаруживается кишечная палочка, давнее – обнаруживаются клостридии. По санитарно-бактериологическим показателям оценка санитарного состояния почвы проводится по результа-

там анализов почв на объектах повышенного риска (детские сады, игровые площадки, зоны санитарной охраны и т.п.) и в санитарно-защитных зонах.

Среди санитарно-бактериологических показателей выделяют:

1) *косвенные*, которые характеризуют интенсивность биологической нагрузки на почву. Это санитарно-показательные организмы группы кишечной палочки (БГКП (Коли индекс) и фекальные стрептококки (индекс энтерококков)). В крупных городах с высокой плотностью населения биологическая нагрузка на почву крайне велика, в следствие этого высоки индексы санитарно-показательных организмов и санитарно-химических показателей (динамика аммиака и нитратов, санитарное число);

2) *прямые*, для которых характерно непосредственное обнаружение возбудителей кишечных инфекций (возбудители кишечных инфекций, патогенные энтеробактерии, энтеровирусы).

Почву оценивают как чистую, без ограничений по санитарно-бактериологическим показателям при отсутствии патогенных бактерий и индексе санитарно-показательных микроорганизмов до 10 клеток на грамм почвы.

**3. Гельминтологическая оценка.** В чистой почве не должно содержаться гельминтов, их яиц и личинок. Прямую угрозу здоровью населения представляет загрязнение почвы жизнеспособными оплодотворенными и инвазионными яйцами аскарид, власоглавок, токсокар, анкилостомид, личинками стронгилоидов, а также онкосферами тениид, цистами лямблий, изоспор, балантидий, амёб, ооцистами криптоспоридий; опосредованную жизнеспособными яйцами описторхисов, дифилоботриид.

**4. Санитарно-энтомологические показатели** – подсчитывают число личинок и куколок мух. Синантропные мухи (комнатные, домовые, мясные и др.) имеют важное эпидемиологическое значение: выполняют функцию механических переносчиков возбудителей ряда инфекционных и инвазионных болезней человека (цисты кишечных патогенных простейших, яйца гельминтов и др.). Критерием оценки санитарно-энтомологического состояния почвы является отсутствие или наличие в ней на площади размером  $20 \times 20$  см преимагинальных (личинки и куколки) форм синантропных мух.

Наличие личинок и куколок в почве населенных мест является показателем неудовлетворительного санитарного состояния почвы и указывает на плохую очистку территории, неправильный в санитарно-гигиеническом отношении сбор и хранение бытовых отходов и их несвоевременное удаление.

**5. Альгологические показатели:** в чистой почве преобладают желто-зеленые водоросли, в загрязненной – сине-зеленые и красные водоросли.

**6. Радиологические показатели:** необходимо знать уровень радиации и содержание радиоактивных элементов.

## Санитарная охрана почвы

Под *санитарной охраной почвы* понимают комплекс мероприятий, направленных на ограничение поступления в почву различных загрязнений до величин:

- не нарушающих процессов самоочищения в почве;
- не вызывающих накопления в выращиваемых растениях вредных веществ в количествах, опасных для здоровья людей и животных;

– не приводящих к загрязнению атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод;

– не ограничивающих использование почвы в сельскохозяйственных целях.

Цель санитарной охраны почвы состоит в сохранении такого ее качества, при котором почва не являлась бы фактором передачи заболеваний и не привела бы к прямому или косвенному (по экологическим цепочкам), острому или хроническому отравлению экзогенными химическими веществами с возможными отдаленными последствиями для человека.

### **Мероприятия по санитарной охране почвы**

Мероприятия делятся на четыре группы:

1) технологические мероприятия, направленные на создание безотходных и малоотходных технологических схем производств, улучшение технологии обезвреживания отходов;

2) планировочные мероприятия, касающиеся научного обоснования соблюдения величины санитарно-защитных зон между очистными сооружениями и жилыми зданиями, местами водозабора, схемами движения специального автотранспорта, выбором земельных участков под очистные сооружения;

3) санитарно-технические мероприятия по сбору, удалению, обезвреживанию и утилизации отходов, загрязняющих почву;

4) законодательные, организационные и административные мероприятия.

**Санитарно-технические мероприятия (санитарная очистка города)** предусматривают комплекс мероприятий по сбору, удалению, обезвреживанию и утилиза-

ции твердых и жидких хозяйственно-бытовых и промышленных отходов.

Система санитарной очистки призвана обеспечить максимально быстрое удаление твердых и жидких отходов после их образования и охватывает всю территорию населенного пункта.

Жидкие отходы образуются в результате эксплуатации жилых и общественных зданий, производственных помещений и включают сточные воды промышленных предприятий, хозяйственно-бытовые и ливневые, а также жидкие нечистоты выгребных колодцев неканализованной части города.

В состав твердых коммунальных отходов (ТКО) входит мусор от жилья и общественных зданий, отбросы промышленных и пищевых предприятий, дворовый и уличный смет, строительный мусор и др.

### **Нормы накопления, состав и свойства коммунальных отходов**

Норма накопления – это количество отходов, образующихся на расчетную единицу за определенный временной период. Для жилищного фонда – это человек, для общественных зданий – одно место, для торговли – 1 м<sup>2</sup>. Временной период – день, год. Нормы накопления определяются в единицах массы (кг) или объема (л, м<sup>3</sup>).

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. К ТКО, входящим в норму накопления от населения, относятся отходы, образующиеся в жилых и общественных зданиях, отходы от отопительных устройств местного отопления, смет, опав-

шие листья, собираемые с дворовых территорий, крупные предметы домашнего обихода.

По морфологическому признаку ТКО подразделяются на компоненты: бумагу, картон, пищевые отходы, дерево, металл (черный и цветной), текстиль, кости, стекло, кожу, резину, камни, полимерные материалы, прочие, не классифицируемые фракции, отсев.

Нормы накопления учреждений и предприятий общественного назначения в крупных городах составляют 30–50 % от норм накопления жилых зданий. Фактические нормы накопления ТКО определяют для каждого конкретного города в соответствии с «Рекомендациями по определению норм накопления ТБО для городов РФ». Нормы накопления вводятся в действие на основании местных органов власти с уточнением каждые 5 лет.

На нормы накопления и состав ТКО влияют такие факторы, как климатические условия проживания, степень благоустройства жилищного фонда (наличие мусоропроводов, газа, водопровода, канализации, системы отопления), этажность, вид топлива при местном отоплении, развитие общественного питания, культура торговли, образ жизни, степень благосостояния населения.

### **Сбор и удаление коммунальных отходов**

Первым этапом очистки является ежедневный сбор твердых отходов во всех местах после их образования, для чего в домовладениях предусматривают следующие сооружения:

1. Мусоропроводы, основными элементами которых являются загрузочные клапаны, ствол, мусороприемная камера, система очистки и вентиляции.

2. Мусоросборники дворовые и квартирные. Тип и емкость мусоросборников зависят от количества накапливающихся отходов, этажности застройки, а также от способа загрузки и вывоза мусора. В настоящее время наиболее часто используемыми являются мусоросборники емкостью 110–120 литров и 210–220 литров, в наиболее густонаселенных районах городской застройки используют емкости 500–600 литров.

При этом различают метод несменяемой (стационарной) и сменной посуды (мусоросборников).

С гигиенической точки зрения наиболее целесообразно использовать сменные мусоросборники, так как при этом практикуют централизованный способ их обработки и ремонта. Однако местные условия (плотность застройки, возможность уплотнения мусора при погрузке в спецавто-транспорт) определяют использование стационарных контейнеров.

Важное гигиеническое и эпидемиологическое значение имеет вопрос временного хранения отходов на территории жилой застройки. Для этого предусмотрены контейнерные площадки, которые должны располагаться на расстоянии не более 100 метров от обслуживаемых подъездов и не ближе 20 метров от окон ближайших квартир, детских дошкольных учреждений, спортивных и игровых площадок. Для предупреждения выплода мух и распространения геогельминтозов площадка должна иметь твердое покрытие, а площадь ее превышать общую площадь контейнеров в 3–4 раза. В основу расчета емкости и количества контейнеров берутся местные нормы накопления твердых отходов. Для предприятий и учреждений, входящих в инфраструктуру города также предусматриваются отдельные площадки для сбора и хранения ТКО.

Планово-поквартирный или бесконтейнерный метод сбора твердых отходов может применяться в небольших городах с малоэтажной застройкой (не более 5 этажей), так как рассчитан на сбор мусора по сигналу, который может быть неразличим в квартирах на верхних этажах, или на определенный временной период, за который жители верхних этажей при многоэтажной застройке не успевают опорожнить индивидуальный контейнер, а также другие, субъективные причины. Тем не менее, такой способ при правильной организации сбора и вывоза отходов со стороны спецавтохозяйств и жителей района можно признать самым эффективным в гигиеническом и эпидемиологическом отношении.

Доставка коммунальных отходов из домовладения на предприятия по обезвреживанию ТКО может осуществляться одноэтапно или двухэтапно.

При одноэтапной доставке ТКО транспорт загружается в домовладениях, а разгружается на предприятии по обезвреживанию отходов. При высоких показателях накопления отходов в домовладениях, а также значительных расстояниях до мест обезвреживания отходов можно использовать перегрузочную станцию, где отходы прессуют, дробят и упаковывают в тюки для дальнейшей перевозки к месту обезвреживания и утилизации.

### **Методы обезвреживания и утилизации твердых отходов производства и потребления**

Методы обезвреживания и переработки ТКО по конечной цели делятся на:

1) ликвидационные, решающие в основном санитарно-гигиенические задачи:

– ликвидационный механический – депонирование на полигонах и свалках;

– ликвидационный термический – мусоросжигание;

2) утилизационные, решающие как санитарно-гигиенические, так и экономические задачи (использование вторичных ресурсов):

– утилизационный биологический;

– компостирование в полевых условиях, биотермическая переработка на промышленных предприятиях.

**Полигоны ТКО** (ликвидационный механический метод) – инженерные сооружения, предназначенные для изоляции и обезвреживания отходов за счет биохимических процессов, развивающихся в результате размножения термофильной микрофлоры, жизнедеятельности грибов, водорослей, червей.

**Ликвидационный термический метод (мусоросжигание)** получил широкое распространение в странах с высокой плотностью населения и отсутствием свободных площадей – Япония, Бельгия, Швейцария и т. д. Применение этого метода целесообразно лишь в том случае, если ТКО содержит менее 30 % активного органического вещества и при отсутствии активного потребителя биотоплива и компоста. Мусор должен быть сухим, свежим, незагнившим, с влажностью не более 45–50 % и зольностью 45 %, теплотворная способность не ниже 700–800 ккал.

Мусоросжигание проводится в специальных печах при температуре 900–1000 °С, при которой разрушаются почти все органические и дурнопахнущие газообразные соединения.

Перспективным методом термического обезвреживания ТКО является **пиролиз** – высокотемпературный способ разложения органического вещества без доступа кислорода

и без добавления химических реагентов. Пиролиз рассматривается как экологически чистый (замкнутый процесс) и экономически выгодный процесс (простота аппаратного оформления, минимальный выброс в атмосферный воздух, способность к переработке пластмассы, резины и пр.).

**Компостирование органических фракций ТКО** – утилизационный метод, в основе которого лежит биохимический процесс преобразования органических веществ в относительно стабильный гумусоподобный продукт. Биохимическому распаду подвергаются только органические составляющие твердых отходов благодаря микробным популяциям и факторам внешней среды.

Поля компостирования представляют собой почвенные сооружения, в основания которых закладывается торф, опилки, солома, часть готового компоста для задержки образующейся при компостировании жидкости. Сверху укладываются штабеля твердых отходов высотой 1,5–2,0 м, утрамбовываются и присыпаются почвой. Площадь полей компостирования составляет около 2 га на 10 000 чел. Время компостирования зависит от климатических условий – от 5 до 12 мес. В санитарно-гигиеническом отношении поля компостирования более безопасны, чем усовершенствованные полигоны.

**Биотермические камеры** предназначены для обезвреживания бытовых отходов и превращения их в компост закрытым способом. Камеры выполнены из кирпича, бетона или железобетона вместимостью до 20 м<sup>3</sup>. Максимальная температура в камере достигает 70 °С и сохраняется в течение 30 дней. За это время в отходах погибают яйца гельминтов, личинки и куколки мух, плесневые грибы и их споры и т. д. Для ускорения процессов переработки в камеры подается подогретый калориферами воздух или тепло из

уже разогретых камер, добавляется готовый компост и отходы перемешиваются каждые 10 дней.

В практике имеют место *химические методы обезвреживания* твердых отходов, к которым относится гидролиз в присутствии хлористоводородной или серной кислоты при высокой температуре.

Основные этапы удаления и обезвреживания отходов представлены в табл. 12.

Таблица 12

Основные этапы удаления и обезвреживания жидких и твердых отходов

Системы удаления отходов	Канализационная	Вывозная	
	жидкие	твердые	жидкие
Сбор	санитарное оборудование (раковины, унитазы)	квартирные мусоросборники, домовые мусоросборники	выгребные уборные, помойные ямы, люфт- и пудр-клозеты
Транспортировка	сплавные сети и коллекторы	автомобили-мусоровозы и другой приспособленный для вывоза отбросов транспорт	ассенизационные автомобили и прицепы
Обеззараживание и утилизация	очистные сооружения (механическая, биологическая очистка и обеззараживание): решетки, песколовки, отстойники, биофильтры, азротенки, поля орошения, биологические пруды, компактные установки	свалки (полигоны), мусороперерабатывающие заводы	поля захоронения и ассенизации

## СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

### Задача № 1

В пробе почвы были определены превышения предельно допустимых концентраций химических веществ: свинец – 105 мг/кг, ртуть – 2,5 мг/кг, цинк – 42 мг/кг, никель – 6,9 мг/кг, кобальт – 30 мг/кг.

#### Задание:

1. Определите класс опасности каждого вещества.
2. Дайте оценку допустимого уровня их содержания по показателям вредности.
3. Определите степень опасности загрязнения почвы экзогенными химическими веществами.

#### Пример решения:

1. По табл. 4.1 СанПиН 1.2.3685-21 (см. прил. 1) определяем ПДК и класс опасности указанных веществ:

Вещество	Фактическая концентрация, мг/кг	ПДК, мг/кг	Класс опасности
Свинец	105	6	1-й
Ртуть	2,5	2,1	1-й
Цинк	42	23	1-й
Никель	6,9	4	2-й
Кобальт	30	5	2-й

2. Рассчитываем коэффициент концентрации химического вещества ( $K_c$ )

$$K_c = C/\text{ПДК},$$

где  $C$  – фактическая концентрация вещества в почве, мг/кг;  
ПДК – предельно допустимая концентрация данного химического вещества в почве, мг/кг.

Вещество	Фактическая концентрация, мг/кг	ПДК, мг/кг	Класс опасности	$K_c$
Свинец	105	6	1-й	17,5
Ртуть	2,5	2,1	1-й	1,19
Цинк	42	23	1-й	1,8
Никель	6,9	4	2-й	1,7
Кобальт	30	5	2-й	6

3. Определяем суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ):

$$Z_c = \sum(K_{c1} + \dots + K_{cn}) - (n - 1),$$

где  $n$  – число определяемых суммируемых вещества;

$K_{c1}$  – коэффициент концентрации первого компонента загрязнения.

$$Z_c = 28,19 - 4 = 24,19.$$

4. По табл. 4.5 СанПиН 1.2.3685-21 (см. прил. 1) определяем степень химического загрязнения почвы. В нашем случае  $Z_c$  составил 24,19, что относится к категории «умеренно опасная».

### *Задача № 2*

Население жилого района города В, расположенного в IV климатическом районе, составляет 20 тыс. человек. Жилые здания высотой 9–12 этажей оборудованы водопроводом, канализацией, центральным отоплением и газом.

#### **Задание:**

Рассчитайте среднесуточные накопление твердых бытовых отходов и необходимое количество мусоросборников, если планируется закупить контейнеры емкостью 0,5 м<sup>3</sup>.

*Пример решения:*

1. Расчет годового накопления отходов.

Формула для определения годового накопления отбросов

$$Q = N \cdot A,$$

где  $Q$  – годовое накопление ТБО (кг);

$N$  – норма накопления мусора на 1 человека в год (кг);

$A$  – количество населения.

По приложению К СП 42.13330.2011 «Градостроительство» (см. прил. 2)  $N$  составляет 190–225 кг. Так как в условиях задачи заявлен IV климатический район, следует увеличить норму на 10 %. Следовательно,  $N$  составит 247,5 кг.

$Q = 247,5 \cdot 20$  тыс. человек = 4 950 000 кг в год или 13 562 кг в сутки.

2. Расчет необходимого количества мусоросборников осуществляется по формуле

$$n = \frac{Q \cdot k_1 \cdot t \cdot k_3}{365 \cdot V \cdot k_2};$$

где  $n$  – количество мусоросборников;

$Q$  – количество мусора в год;

$k_1$  – коэффициент неравномерности накопления мусора (1,15);

$t$  – время хранения мусора в домохозяйстве (не более 3 суток);

$V$  – объем мусоросборника (л);

$k_2$  – коэффициент неравномерности наполнения мусоросборника (0,9);

$k_3$  – коэффициент ремонта (1,05).

Для решения задачи в качестве значения  $t$  возьмем 3.

$V = 0,5 \text{ м}^3 = 500$  л;

$n = (4\,950\,000 \cdot 1,15 \cdot 3 \cdot 1,05) : (365 \cdot 500 \cdot 0,9) = 109$  шт.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

*Выберите один правильный ответ*

1. САНИТАРНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ПОЧВЫ «САНИТАРНОЕ ЧИСЛО» ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) количественное отношение углерода гумуса к углероду растительного происхождения
- 2) количественное отношение азота гумуса к общему азоту
- 3) процентное содержание в почве азота гумуса
- 4) процентное содержание в почве углерода гумуса

2. ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИТРАТОВ БАКТЕРИЯМИ ПОЧВЫ НАЗЫВАЕТСЯ

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1) минерализацией | 3) нитрификацией   |
| 2) гумификацией   | 4) денитрификацией |

3. ПРИРОДНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОВИНЦИИ ИГРАЮТ ВЕДУЩУЮ РОЛЬ В ВОЗНИКНОВЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ

- |                  |                      |
|------------------|----------------------|
| 1) эндемических  | 3) пандемических     |
| 2) эпидемических | 4) природно-очаговых |

4. К ГРУППЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО САНИТАРНОЙ ОХРАНЕ ПОЧВЫ ОТНОСЯТ

- 1) выбор земельных участков для полигонов захоронения ТБО
- 2) создание малоотходных производств
- 3) обоснование величины СЗЗ полигона захоронения
- 4) сбор, удаление и обезвреживание отходов

## 5. С ГИГИЕНИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЙ ПОД ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ПОЧВЫ ПОНИМАЮТ ПРИСУТСТВИЕ

- 1) биогенных элементов в концентрациях, превышающих допустимые
- 2) химических веществ и биологических агентов в ненадлежащих количествах, в ненадлежащее время, в ненадлежащем месте
- 3) твёрдых бытовых и промышленных отходов
- 4) высоких концентраций химических веществ антропогенного происхождения

## 6. СЛОЖНОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ, ОБРАЗУЮЩЕЕСЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

- |                       |                    |
|-----------------------|--------------------|
| 1) гумус              | 3) рухляк          |
| 2) материнская порода | 4) зольный остаток |

## 7. КРИТЕРИЕМ ДЛЯ РАСЧЁТА САНИТАРНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПОЧВЫ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) процентное содержание в почве азота гумуса
- 2) отношение углерода гумуса к общему углероду
- 3) отношение азота гумуса к общему азоту
- 4) процентное содержание в почве углерода гумуса

## 8. ПОПАДАНИЕ В РАНУ ЧЕЛОВЕКА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ МОЖЕТ СТАТЬ ПРИЧИНОЙ ЗАБОЛЕВАНИЯ

- |                   |               |
|-------------------|---------------|
| 1) туляремией     | 3) холерой    |
| 2) сальмонеллезом | 4) столбняком |

9. В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЧВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ МОЖНО ЗАРАЗИТЬСЯ

- |                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| 1) ящуром       | 3) бруцеллезом     |
| 2) туберкулезом | 4) сибирской язвой |

10. НАИБОЛЕЕ ВЫРАЖЕННОЕ НЕБЛАГОПРИЯТНОЕ ВЛИЯНИЕ НА САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ ПОСЕЛЕНИЯ ОКАЗЫВАЕТ

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1) климат             | 3) антропогенный фактор |
| 2) материнская порода | 4) рельеф местности     |

11. ЭТИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИЧИНОЙ ЭНДЕМИЧЕСКОГО ЗОБА ЯВЛЯЕТСЯ СОДЕРЖАНИЕ ЙОДА

- 1) в питьевой воде
- 2) атмосферном воздухе
- 3) почве
- 4) воде источника питьевого водоснабжения

12. ПРАКТИЧЕСКИ ПОСТОЯННО В ПОЧВЕ ОБНАРУЖИВАЕТСЯ СПОРООБРАЗУЮЩАЯ БАКТЕРИЯ – ВОЗБУДИТЕЛЬ

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| 1) брюшного тифа | 3) бруцеллёза |
| 2) туберкулёза   | 4) ботулизма  |

13. ТЕРРИТОРИИ С ИЗБЫТКОМ ИЛИ НЕДОСТАТКОМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

- 1) гидрогеологические районы
- 2) геологические районы
- 3) геохимические провинции
- 4) геологические платформы

#### 14. ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ МИКРООРГАНИЗМОВ ОТМЕЧАЕТСЯ

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1) на глубине более 20 см | 3) поверхности почвы |
| 2) глубине 1–2 м          | 4) глубине 1–20 см   |

#### Список литературы

1. Гигиена и основы экологии человека: учебник / *Ю.П. Пивоваров, В.В. Королик, Л.С. Зиневич.* – М.: Академия, 2006. – 400 с.
2. Гигиена: учебник / под ред. *Г.И. Румянцева.* – М., 2008. – 608 с.

## **ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ**

### **1.1. Гигиеническое, физиологическое и эпидемиологическое значение воды. Инфекционные и неинфекционные заболевания, обусловленные качеством питьевой воды**

1	4	7	4
2	3	8	3
3	2	9	2
4	1	10	1,2,4
5	2	11	1,3,4
6	2		

### **1.2. Источники водоснабжения. Зоны санитарной охраны водоисточников**

1	6	6	5
2	3	7	1
3	7	8	5
4	6	9	2
5	8	10	3

**1.3. Гигиеническая оценка качества питьевой воды.  
Современные методы улучшения качества  
питьевой воды**

1	1	9	1
2	2	10	3
3	2	11	2
4	3	12	1
5	4	13	3
6	1	14	1
7	4	15	3
8	1	16	2

**1.4. Охрана поверхностных вод от загрязнения**

1	3	13	2
2	1	14	3
3	1	15	2
4	4	16	2
5	1	17	3
6	1	18	2
7	3	19	4
8	2	20	1
9	3	21	4
10	4	22	4
11	1	23	4
12	1	24	1

**Санитарно-эпидемиологическое значение почвы.  
Санитарная очистка населенных мест**

1	2	8	4
2	4	9	4
3	1	10	3
4	2	11	3
5	2	12	4
6	1	13	3
7	3	14	4

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Выкопировка из СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

#### IV. Почва населенных мест и сельскохозяйственных угодий

Таблица 4.1

Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно  
допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве

№ п/п	Наименование вещества	Регистрационный номер CAS	Формула	Величина ПДК/ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка)	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	2	3	4	5	6	7
<i>Валовое содержание</i>						
1	Бензоапирен	50-32-8	$C_{20}H_{12}$	0,02/	общесанитарный	1-й
2	Бензин	8032-32-4		0,1/	воздушно-миграционный	
3	Бензол	71-43-2	$C_6H_6$	0,3/	воздушно-миграционный	
4	Ванадий	7440-62-2	V	150,0/	общесанитарный	3-й
5	Ванадий + марганец	7440-62-2 + 7439-96-5	V+Mn	100/+1000/	общесанитарный	3-й
6	Диметилбензолы (1,2-диметилбензол; 1,3-диметилбензол; 1,4-диметилбензол)	1330-20-7	$C_8H_{10}$	0,3/	транслокационный	
7	Кадмий	7440-43-9	Cd			1-й
	а) песчаные и супесчаные			/0,5		
	б) кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl < 5,5			/1,0		
	в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5,5			/2,0		

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
8	Марганец	7439-96-5	Mn	1500/	общесанитарный	3-й
9	Медь	7440-50-8	Cu			2-й
	а) песчаные и супесчаные			/33,0		
	б) кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl < 5,5			/66,0		
	в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5,5			/132,0		
10	Метаналь	50-00-0	CH <sub>2</sub> O	7,0/	воздушно-миграционный	
11	Метилбензол	108-88-3	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,3/	воздушно-миграционный	
12	Метилфосфоновая кислота	993-13-5	CH <sub>3</sub> P(O)(OH) <sub>2</sub>	/0,22		
13	(1-метилэтенил) бензол	25013-15-4	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub>	0,5/	воздушно-миграционный	
14	(1-метилэтил) бензол	98-82-8	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	0,5/	воздушно-миграционный	
15	(1-метилэтил) бензол + (1-метилэтенил) бензол	98-82-8 + 25013-15-4	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> + C <sub>9</sub> H <sub>10</sub>	0,5/	воздушно-миграционный	
16	Мышьяк	7440-32-2	As			1-й
	а) песчаные и супесчаные			/2,0		
	б) кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl < 5,5			/5,0		
	в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5,5			/10,0		
17	Никель	7440-02-0	Ni			2-й
	а) песчаные и супесчаные			/20,0		
	б) кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl < 5,5			/40,0		
	в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5,5			/80,0		

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
18	Нитраты (по NO <sub>3</sub> )	14797-55-8	NO <sub>3</sub>	130,0/	водно-миграционный	
19	Отходы флотации угля (ОФУ)			3000,0/	водно-миграционный, общесанитарный	
20	Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны (в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордибензо-парадиоксин и его аналоги)	1746-01-6	C <sub>12</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>4</sub> O <sub>2</sub>			
	а) почва населенных мест			/50,0		
	б) почва сельскохозяйственных угодий			/5,0		
	в) почва промышленной площадки			/1000		
21	Ртуть	7439-97-6	Hg	2,1/	транслокационный	1-й
22	Свинец	7439-92-1	Pb			1-й
	а) песчаные и супесчаные			/32,0		
	б) кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl < 5,5				/65,0	
в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5,5				/130,0		
23	Свинец + ртуть	7439-92-1 + 7439-97-6	Pb + Hg	20,0/+1,0/	транслокационный	1-й
24	Сера	7704-34-9	S	160,0/	общесанитарный	
25	Серная кислота (по S)	7664-93-9	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	160,0/	общесанитарный	
26	Сероводород (по S)	7783-06-4	H <sub>2</sub> S	0,4/	воздушно-миграционный	
27	Сурьма	7440-36-0	Sb	4,5/	водно-миграционный	2-й
28	Фуран-2-карбальдегид	39276-09-0	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	3,0/	общесанитарный	

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
29	Хром шестивалентный	18540-29-9	Cr(+6)	0,05/	общесанитарный	2-й
30	Цинк	7440-66-6	Zn			1-й
	а) песчаные и супесчаные			/55,0		
	б) кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl < 5,5			/110,0		
	в) близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5,5			/220,0		
31	Этаналь	75-07-0	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	10/	воздушно-миграционный	
32	Этенилбензол	100-42-5	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	0,1/	воздушно-миграционный	
<i>Подвижная форма</i>						
33	Кобальт	7440-48-4	Co	5,0/	общесанитарный	2-й
34	Марганец, извлекаемый 0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :	7439-96-5	Mn		общесанитарный	3-й
	Чернозем			700,0/		
	Дерново-подзолистая: pH 4,0			300,0/		
	pH 5,1–6,0			400,0/		
	pH ≥ 6,0			500,0/		
	Извлекаемый ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8:					
	Чернозем			140,0/		
	Дерново-подзолистая: pH 4,0			60,0/		
	pH 5,1–6,0			80,0/		
	pH ≥ 6,0			100,0/		
35	Медь	7440-50-8	Cu	3,0/	общесанитарный	2-й
36	Никель	7440-02-0	Ni	4,0/	общесанитарный	2-й
37	Свинец	7439-92-1	Pb	6,0/	общесанитарный	1-й
38	Фтор	16984-48-8	F	2,8/	общесанитарный	1-й
39	Хром трехвалентный	16065-83-1	Cr(+3)	6,0/	транслокационный	2-й
40	Цинк	7440-66-6	Zn	23,0/	транслокационный	1-й
<i>Водорастворимая форма</i>						
41	Фтор	16984-48-8	F	10,0/	транслокационный	1-й

Таблица 4.5

## Степени химического загрязнения почвы

Категории загрязнения	Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ )	Содержание в почве (мг/кг)					
		I класс опасности		II класс опасности		III класс опасности	
		Органич. соединения	Неорганич. соединения	Органич. соединения	Неорганич. соединения	Органич. соединения	Неорганич. соединения
Чистая	–	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК	от фона до ПДК
Допустимая	< 16	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК	от 1 до 2 ПДК	от фона до ПДК
Умеренно опасная	16–32					от 2 до 5 ПДК	от ПДК до $K_{\max}$
Опасная	32–128	от 2 до 5 ПДК	от ПДК до $K_{\max}$	от 2 до 5 ПДК	от ПДК до $K_{\max}$	> 5ПДК	> $K_{\max}$
Чрезвычайно опасная	> 128	> 5 ПДК	> $K_{\max}$	> 5ПДК	> $K_{\max}$		

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Выкопировка из СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»

#### НОРМЫ НАКОПЛЕНИЯ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Коммунальные отходы		Количество коммунальных отходов, на 1 чел./год	
		кг	л
Твердые	- от жилых зданий, оборудованных водопроводом, канализацией, центральным отоплением и газом	190–225	900–1000
	- от прочих жилых зданий	300–450	1100–1500
	Общее количество по городскому населенному пункту с учетом общественных зданий	280–300	1400–1500
Жидкие	из выгребов (при отсутствии канализации)	–	2000–3500
Смет с 1 м <sup>2</sup> твердых покрытий улиц, площадей и парков		5–15	8–20
Примечания: 1. Большие значения норм накопления отходов следует принимать для крупнейших и крупных городских населенных пунктов. 2. Для городских населенных пунктов климатических районов III и IV норму накопления коммунальных отходов в год следует увеличивать на 10 %. 3. Нормы накопления твердых отходов в климатических подрайонах I-A, I-B, I-Г при местном отоплении следует увеличивать на 10 %, при использовании бурого угля – на 50 %. 4. Нормы накопления крупногабаритных коммунальных отходов следует принимать в размере 5 % в составе приведенных значений твердых коммунальных отходов.			

Учебное издание

# ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ КОММУНАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ

Учебное пособие

*В двух частях*

Часть 1

Авторы-составители:

*Кириченко Л.В., Рязанова Е.А., Хохрякова В.П.,  
Селиванова С.А., Киреенко Л.Д., Мошенцова Л.П.,  
Лир Д.Н., Лебедева А.Г., Киранова М.В.*

Редактор А. А. Ефимова

Корректор Е. В. Егорова

---

Подписано в печать 14.11.2023 г. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 16,9. Тираж 50 экз. Заказ № 25.

---

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО  
ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России  
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 27

Отпечатано в типографии ИП Серегина О.Н.  
Адрес: 614107, г. Пермь, ул. Металлистов, д. 21, кв. 174