

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

МЕДИЦИНСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гигиены

ГИГИЕНА ВОДЫ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Бишкек 2023

УДК 614.777(075.8)

Г 46

Рецензенты:

Т.А. Цивинская – к.м.н., и.о., доцента,

А.Ж. Султашев – к.м.н., и.о., доцента,

М.Ж. Кудаярова – к.м.н., доцент

Составитель

М.Р. Ажиматова

Печатается по решению Ученого совета
медицинского факультета КРСУ,
протокол №9 от 4 июня 2020 г.

Г 46 ГИГИЕНА ВОДЫ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ: Учебно-методическое пособие / сост. М.Р. Ажиматова. Бишкек: КРСУ, 2023. 64 с.

Учебно-методическое пособие является руководством к проведению практических занятий по гигиене.

В структуру пособия входит блок информации, контрольные вопросы по темам занятий, подробное описание практических работ, выполняемых студентами, а также необходимые нормативные материалы и списки основной и дополнительной литературы по изучаемому разделу гигиены.

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с учебной программой по курсу «Общая гигиена» и предназначена для студентов лечебного, педиатрического и стоматологического дела медицинского факультета.

© ГОУВПО КРСУ, 2023

Тема № 1. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вид занятия: практическое.

Цель занятия: Ознакомить студентов с гигиеническими принципами оценки качества воды и выбора водоисточников, системами питьевого водоснабжения

План занятия:

- Определить органолептические свойства воды (вкус, запах, прозрачность, мутность, цветность).
- Определить физико-химические свойства воды (водородный показатель pH, жесткость).
- Определить санитарно-химические показатели бактериального загрязнения воды (аммиак, нитриты, нитраты, хлориды, сульфаты).
- Оценить качество воды по полученным данным.

Контрольные вопросы:

- Физиолого-гигиеническое и эпидемиологическое значение воды.
- Заболевания, связанные с употреблением воды, содержащей химические примеси.
- Показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды (санитарно-химические).
- Источники водоснабжения и их гигиеническая характеристика. Причины антропогенного загрязнения водоемов.
- Методы исследования, используемые при выборе водоисточника.
- Правила отбора воды для исследования. Лабораторные методы исследования.
- Гигиенические требования к качеству питьевой воды при централизованном водоснабжении, нормы водопотребления.

Блок информации

1. Вода является важнейшим фактором окружающей среды, который оказывает многообразное воздействие на все процессы жизнедеятельности организма, работоспособность и заболеваемость человека. Вода играет большую роль в жизни человека, удовлетворяя его физиологические, санитарно-гигиенические и хозяйственные потребности.

Вода принимает активное участие в физиологических процессах организма. Она является универсальным растворителем газообразных, жидких и твёрдых веществ, а также участвует в процессах окисления, промежуточного обмена, пищеварения. Растворённые в воде минеральные соли оказывают влияние на поддержание важнейших биологических констант организма: осмотического давления, кислотно-щелочного равновесия. Она является участником процессов гидролиза жиров, углеводов, гидролитического и окислительного дезаминирования аминокислот и других реакций промежуточного обмена. Вода обеспечивает тургор кожи человека. Участвует в процессах теплообмена, является частью секретов и экскретов человека.

Вода способна оказывать и отрицательное воздействие на организм в случае её неблагоприятного физического состояния и химического состава или присутствия в ней яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов. Отрицательное действие может проявиться не только при употреблении такой воды, но и при использовании её для купания и плавания. 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, бруцеллёз, туберкулёз, 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, трихоцефалёз, дранункулёз, анкилостомоз, шистосоматоз и др.).

В санитарно-гигиеническом отношении вода необходима для поддержания в надлежащем санитарном состоянии тела человека, предметов обихода и жилища, для целей физического воспитания (закаливания), оказывает благоприятное влияние на климатические условия, условия отдыха населения, на уровень культуры и быта.

В условиях научно-технического прогресса огромное количество воды расходуется на технические и хозяйственно - бытовые цели.

2. Минеральный состав воды с давних пор привлекал к себе внимание в связи с распространенными заболеваниями неинфекционной природы.

По содержанию ионов природные воды делятся на:

- пресные (минерализация не превышает 1 г/л);
- минерализованные (от 1 до 50 г/л);

У населения, постоянно пользующегося минерализованной водой (1,5 – 3 г/л сухого остатка), отмечена повышенная гидрофильность тканей, задержка организмом выпитой воды, снижение диуреза на 30-60%. Вода с повышенной минерализацией отрицательно влияет на секреторную деятельность желудка, нарушает водно-солевое равновесие в организме, хуже утоляет жажду. Исследования показали, что избыточное поступление с водой **хлоридов**, особенно хлоридов натрия, вызывает угнетение желудочной секреции, уменьшение диуреза, повышение кровяного давления.

Высокое содержание в питьевой воде **сульфатов** обуславливает нарушение водно-солевого обмена, вызывают диспептические явления – от лёгкого послабления до выраженного.

Нижним пределом минерализации, при котором поддерживается гомеостаз организма, является сухой остаток в 100 мг/л, оптимальный уровень минерализации соответствует 200–400 мг/л. При этом содержание **кальция** должно быть не менее 25 мг/л, **магния** – 10 мг/л.

Суммарное содержание кальция и магния определяет величину **жесткости воды**. Жесткая вода мало пригодна для хозяйственно-бытовых нужд, в ней плохо развариваются мясо, овощи и бобовые. Имеются данные о неблагоприятном влиянии жестких вод на здоровье населения, например, повышенная жесткость воды является этиологическим фактором в развитии мочекаменной болезни.

Принят норматив жесткости питьевой воды на уровне 7 ммоль/л.

Питьевая вода покрывает от 1 до 10% суточной потребности в таких микроэлементах как йод, цинк, железо, магний, молибден, кобальт, и лишь для фтора и стронция является основным источником поступления в организм.

Фтор принадлежит к важным биогенным элементам, участвует в минеральном обмене веществ в организме, играет большую роль в образовании твердых составных частей костной ткани скелета и, особенно, зубов. При избыточном содержании фтора в воде возникает **эндемический флюороз**, поражающий население районов, эндемичных по фтору. Ранний признак флюороза – появление коричневых пятен на эмали зубов, затем поражается дентин, зубы становятся хрупкими и легко разрушаются. Поражение костей и зубов происходит при концентрации фтора в воде более 2 мг/л.

При пониженном содержании в питьевой воде фтора (0,5–0,6 мг/л) разрушается зубная эмаль, зубы утрачивают прочность, поражаются кариесом.

Оптимальное содержание фтора в питьевой воде 0,7–1 мг/л.

Йод важнейший галоген, обладающий многими специфическими свойствами. Биогенные свойства йода в организме проявляются в различных биохимических процессах, в частности под его влиянием усиливаются окислительные процессы, изменяется течение ферментативных процессов. В организме основная часть йода сосредоточена в щитовидной железе и мышцах. У населения, проживающего в биогеохимической провинции с недостаточным содержанием йода в почве и воде, наблюдается развитие

гипофункции щитовидной железы, её компенсаторное увеличение. Заболевание называется *эндемический зоб*. В более тяжёлых случаях происходит задержка роста, физического и умственного развития, расстройство координации движений, костноязычие, глухонмота, психическая отсталость, т.е. наступает кретинизм.

Необходимая суточная норма йода для человека 200–220 мкг. С водой в нормальных условиях, как правило, поступает в организм около 120 мкг.

В биогеохимических провинциях с повышенным содержанием **стронция** в водах у детей выявляются нарушения развития костной ткани, проявляющиеся в задержке развития зубов, удлинении сроков зарастивания родничков; при тяжелых случаях отмечаются изменения в тазобедренных суставах, искривления позвоночника. Ранним признаком является короткопалость с симметрично деформированными и утолщенными суставами. Заболевание получило название уродской болезни или Кашина-бека. Патология объясняется конкурентными соотношениями стронция и кальция в организме.

В результате вымывания из геологических структур с залежами селитры может образовываться в воде повышенное содержание нитратов. Нитраты могут поступать с промышленными сточными водами, с сельскохозяйственными стоками. При поступлении нитратов в организм в повышенных количествах развивается эндемическое заболевание – **нитратная метгемоглобинемия**, возникает гемическая гипоксия с соответствующими проявлениями. В большей степени этому заболеванию подвержены дети раннего грудного возраста.

3. Источники водоснабжения и их гигиеническая характеристика

Для водоснабжения могут быть использованы:

- открытые водоёмы;
- подземные воды;
- атмосферные воды.

Открытые водоёмы делятся на:

- естественные (реки, озёра);
- искусственные (водохранилища, каналы).

Характерной чертой открытых водоёмов является наличие большой водной поверхности, которая под воздействием лучистой энергии солнца создает условия развития водной флоры и фауны, активного процесса самоочищения. Однако вода открытых водоёмов подвержена опасности загрязнения различными химическими веществами и микроорганизмами.

Речные воды характеризуются большим количеством взвешенных веществ, низкой прозрачностью и большой микробной обсеменённостью. Реки наиболее часто используются с целью водоснабжения.

Озёра и пруды представляют собой различной величины и формы котлованы. На дне образуются значительные илистые отложения за счёт выпадения взвешенных частиц. Эти водоемы менее пригодны для питьевых целей, т. к. подвержены загрязнению и обладают слабовыраженной способностью к самоочищению. Эти воды небезопасны в эпидемиологическом отношении.

Открытые водоёмы характеризуются непостоянством химического и бактериального состава, резко меняющегося в зависимости от сезона года и атмосферных осадков. Воды отличаются небольшим содержанием солей и значительным количеством взвешенных и коллоидных веществ.

При оценке открытых источников водоснабжения большое внимание уделяется флоре и фауне водоёмов. Эти биологические организмы называются *сапробными* (*sapros*, гнилостный). Различают четыре степени сапробности водоёмов или зон.

Полисапробная зона характеризуется сильным загрязнением воды, отсутствием кислорода, восстановительными процессами. Окислительные процессы отсутствуют. Флора и фауна крайне бедны. Происходит интенсивное размножение микроорганизмов, их число измеряется многими сотнями тысяч и миллионами в 1 мл.

а-Мезосапробная зона по степени загрязнения воды приближается к предыдущей, условия разложения белка в значительной степени анаэробные, но отмечаются и аэробные. Количество бактерий исчисляются сотнями тысяч в 1 мл. Цветковые растения редки, но имеются водоросли и простейшие.

б-Мезосапробная зона имеет среднюю степень загрязнения. Окислительные процессы преобладают над восстановительными, и поэтому вода не загнивает. Число бактерий в 1 мл воды измеряется десятками тысяч. Появляются инфузории, рыбы.

Олигосапробная зона характеризуется практически чистой водой. В воде отсутствуют процессы восстановления, органические вещества полностью минерализованы, много кислорода. Число бактерий превышает 1 тыс. в 1 мл. Флора и фауна разнообразна.

Подземные воды образуются за счёт фильтрации атмосферных осадков через почву.

Почвенные воды (поверхностные или верховодка) наиболее близко залегают к земной поверхности в первом водоносном горизонте. Больше всего почвенных вод накапливается весной, летом они высыхают, зимой промерзают, легко загрязняются, поэтому использовать почвенные воды с целью водоснабжения не следует.

Грунтовые воды располагаются в последующих водоносных горизонтах; они скапливаются на первом водонепроницаемом слое, не имеют водоупорного слоя сверху, и поэтому между ними и почвенными водами происходит водообмен. Грунтовые воды образуются за счёт просачивания атмосферных осадков. Они отличаются более или менее постоянным составом и лучшим качеством, чем поверхностные. Фильтруясь через значительный слой почвы, они становятся бесцветными, прозрачными, свободными от микроорганизмов. Глубина их залегания от 2 м до нескольких десятков метров. Грунтовые воды являются наиболее распространёнными источниками водоснабжения в сельской местности. Забор воды производится с помощью колодцев.

Межпластовые воды представляют собой подземные воды, заключённые между двумя водонепроницаемыми породами. Они

имеют непроницаемую крышу и ложе, полностью заполняют пространство между ними и передвигаются под давлением. Питание межпластовых вод происходит в местах выхода на поверхность водоносного слоя. Вследствие глубокого залегания межпластовые воды имеют устойчивые физические свойства и химический состав. Межпластовые воды могут иметь естественный выход на поверхность в виде восходящих ключей и родников.

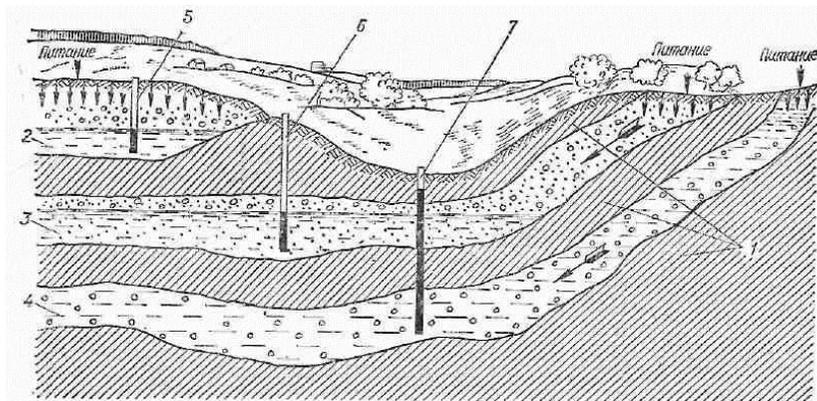


Рис.1 Общая схема залегания подземных вод: 1 – водоупорные слои; 2 – водоносный горизонт грунтовых вод; 3 – водоносный горизонт межпластовых безнапорных вод; 4 – водоносный горизонт межпластовых напорных вод (артезианских); 5 – колодец

Наиболее предпочтительным источником являются артезианские межпластовые воды, т. к. они настолько чисты, что не нуждаются в мероприятиях по очистке и обеззараживанию.

Употребление недоброкачественной питьевой воды может быть причиной заболеваний неинфекционной природы, связанных с загрязнением воды химическими веществами в результате промышленного, сельскохозяйственного, бытового видов хозяйственной деятельности человека.

4. Методы санитарного исследования водоисточника включают:

- Санитарно-топографическое обследование и определение количества воды в водоисточнике (его дебит).
- Санитарно-эпидемиологическое обследование.
- Санитарно-техническое обследование.
- Взятие проб воды для анализа.

5. Правила отбора воды для исследования

Правильный забор воды для лабораторного анализа является обязательным условием для получения достоверных результатов. При отборе проб необходимо соблюдать следующие условия: пробы воды из открытых водоёмов, а также из колодцев берут в том месте и на той глубине, где намечается или уже осуществляется забор воды, место и время должны исключать элемент случайности; от момента взятия проб до начала анализа должно пройти минимальное время, чтобы вода не перетерпела заметных изменений.

Для физического (органолептического) и химического анализа берут воду в количестве 2–5 л в чистые бутылки, промытые дистиллированной водой и дополнительно той водой, которую берут для анализа. Для бактериологического анализа пробы воды берут в стерильную посуду в количестве 400–500 мл: все работы по взятию проб для бактериологического анализа производят в стерильных условиях.

При отборе проб составляется сопроводительный документ с обозначением названия водоисточника, из которого взята проба, места расположения, температуры воды и состояния погоды в момент забора, дата и час взятия пробы.

6. Показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды

К показателям, характеризующим эпидемиологическую безопасность воды, относят следующие две подгруппы показателей:

- Санитарно-микробиологические.
- Санитарно-химические.

Санитарно-химические показатели включают показатели, характеризующие наличие органических веществ или продуктов их распада: окисляемость, растворённый кислород, группу азота (азот аммонийный, нитраты, нитриты), хлориды, сульфаты.

Аммиак является начальным продуктом разложения органических азотосодержащих (в том числе белковых) веществ. Поэтому наличие аммиака в воде (в количествах, превышающих 0,1 мг/л) во многих случаях может расцениваться как показатель опасного в эпидемиологическом отношении свежего загрязнения воды органическими веществами животного происхождения. Однако, особенно в глубоких подземных водах, возможно присутствие аммиака, образовавшегося за счёт восстановления нитратов при отсутствии кислорода. В этом случае наличие аммиака не указывает на недоброкачество воды. Не является показателем органического загрязнения повышенное содержание аммиака в болотистых и торфяных водах (аммиак растительного происхождения).

Соли азотистой кислоты (нитриты) представляют собой продукты окисления аммиака под влиянием микроорганизмов в процессе нитрификации. Наличие нитритов в количествах, превышающих 0,002 мг/л, свидетельствуют о возможности загрязнения воды органическими веществами. Нитриты указывают на известную давность загрязнения воды.

Соли азотной кислоты (нитраты)- конечные продукты минерализации органических азотосодержащих веществ. Допустимое содержание нитритов в питьевой воде не более 45 мг/л. Одновременное содержание в воде аммиака, нитритов, нитратов свидетельствует о незавершенности этого процесса и опасном в эпидемиологическом отношении загрязнении воды. Повышенное содержание нитратов в воде может быть также минерального происхождения за счёт растворения почвенных солей, например, селитры.

Экскременты человека и животных, особенно моча, а также кухонные помои содержат много **хлористого натрия**. Совместное присутствие хлоридов и аммиака говорит о загрязнении воды мочой.

При повышении обычного для данной местности содержания **солей серной кислоты** могут служить признаком загрязнения воды животными отбросами. Сера является составной частью белковых тел, которые при разложении и последующем окислении дают соли серной кислоты.

7. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения

Оценка качества питьевой воды производится на основании соответствующего международного стандарта качества и европейских рекомендаций ВОЗ «Руководство по контролю качества питьевой воды» (Женева, 1994) или стандарта, принятого и утверждённого санитарной службой страны. В КР гигиенические требования к качеству питьевой воды, подаваемой централизованными системами водоснабжения, изложены в санитарных правилах и нормативах *«Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованной системы питьевого водоснабжения. Контроль качества» СанПиН 2.1.4.002-03*. Санитарные правила применяются в отношении воды, предназначенной для питьевых и бытовых нужд населения, а также для производственных целей, требующих применения воды питьевого качества.

Питьевая вода должна быть безопасна в *эпидемическом и радиационном отношении*, безвредна по *химическому составу* и иметь благоприятные *органолептические свойства*.

Безопасность питьевой воды в *эпидемическом* отношении определяется её соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в табл. 1.

Показатель общего микробного числа позволяет получить представление о массивности бактериального загрязнения воды с учётом сапрофитной микрофлоры.

Таблица 1. Гигиенические требования к микробиологическим и паразитологическим показателям питьевой воды

| Показатель | Единицы измерения | Нормативы |
|---|---|-------------|
| Термотолерантные колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл воды* | Отсутствие |
| Общие колиформные бактерии** (семейства <i>Enterobacteriaceae</i>) | Число бактерий в 100 мл воды* | Отсутствие |
| Общее микробное число** | Число образующих колоний бактерий в 1 мл воды | Не более 50 |
| Колифаги*** | Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл воды | Отсутствие |
| Споры сульфитредуцирующих клостридий | Число спор в 20 мл воды | Отсутствие |
| Цисты лямблий*** | Число цист в 50 мл воды | Отсутствие |

Примечание. * – Троекратное исследование по 100 мл отобранной пробы воды.

** – Превышение норматива не допускается в 95% проб воды, отбираемых в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети в течение 12 мес, при количестве исследуемых проб не менее 100 за год.

*** – Определение производится только в системах водоснабжения из поверхностных источников перед подачей воды в распределительную сеть.

Общее микробное число обычно увеличивается при поступлении в воду поверхностных, ливневых стоков, бытовых сточных вод, поэтому данный показатель используется для контроля эффективности обработки воды на очистных сооружениях водопровода и служит сигналом нарушений в технологии водоподготовки. Наличие в воде бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, попадающих в воду только из кишечника человека и животных,

указывает на загрязнение воды в широком смысле, так как многие бактерии этого семейства могут иметь фекальное происхождение, однако, некоторые из них являются сапрофитами.

Показателем свежего фекального загрязнения воды является норматив на содержание термотолерантных колиформных бактерий *Escherichia coli*. Присутствие общих колиформ *Escherichia coli communis* также свидетельствует об органическом загрязнении антропогенного происхождения.

Отсутствие общих и термотолерантных колиформ является основным критерием эпидемической безопасности воды в нормативных документах многих стран мира. Присутствие в воде **колифагов** является санитарным показателем вирусного загрязнения питьевой воды, однако присутствие возбудителей энтеровирусной инфекции не всегда может быть обнаружено при наличии колифагов в воде.

На давнее фекальное загрязнение воды, сохраняющее эпидемическую опасность, дополнительно указывает наличие в воде спор **сульфитредуцирующих клостридий**. *Cl.perfringens* всегда присутствуют в фекалиях. Их споры выживают в воде дольше, чем бактерии кишечной группы, они устойчивы к хлорированию нормальными дозами хлора. Этот показатель определяется в воде поверхностных источников для оценки эффективности её обработки. В качестве паразитологического показателя установлен норматив на содержание цист лямблий. Содержание в питьевой воде как *E.coli*, так и любых болезнетворных бактерий, вирусов, простейших и яиц гельминтов недопустимо.

Безвредность питьевой воды по *химическому составу* характеризуется токсикологическими показателями её качества и определяется её соответствием нормативам по следующим показателям:

- обобщённые данные и содержание вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах, а также вещества антропогенного происхождения, получившие глобальное распространение (табл. 8).

Таблица 2. Гигиенические требования к обобщённым и химическим показателям питьевой воды централизованных систем водоснабжения

| Показатель | Единицы измерения | Нормативы (ПДК), не более | Показатель вредности | Класс опасности |
|---|-------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|
| <i>Обобщённые показатели</i> | | | | |
| Водородный показатель | рН | 6-9 | | |
| Общая минерализация (сухой остаток) | мг/л | 1000(1500)* * | | |
| Общая жёсткость | мг-эquiv./л | 7 (10) | | |
| Окисляемость перманганатная | мг/л | 5,0 | | |
| Нефтепродукты, суммарно | мг/л | 0,1 | | |
| Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионо-активные | мг/л | 0,5 | | |
| Фенольный индекс | мг/л | 0,25 | | |
| <i>Неорганические вещества</i> | | | | |
| Алюминий (Al i+) | мг/л | 0,5 | с.- т. | 2 |
| Барий (Ba I +) | мг/л | 0,1 | ->- | 2 |
| Бериллий (Be I +) | мг/л | 0,0002 | ->- | 1 |
| Бор (В, суммарно) | мг/л | 0,5 | ->- | 2 |
| Железо (Fe, суммарно) | мг/л | 0,3 (1,0)** | орг. | 3 |
| Кадмий (Cd, суммарно) | мг/л | 0,001 | с.- т. | 2 |
| Марганец (Mn, суммарно) | мг/л | 0,1 (0,5)** | ->- | 3 |
| Медь (Cu, суммарно) | мг/л | 1,0 | орг. | 3 |
| Молибден (Mo, суммарно) | мг/л | 0,25 | с.- т. | 2 |
| Мышьяк (As, суммарно) | мг/л | 0,05 | ->- | 2 |
| Никель (Ni, суммарно) | мг/л | 0,1 | ->- | 3 |
| Нитраты (NO i+) | мг/л | 45 | ->- | 3 |

| | | | | |
|--------------------------------|------|--------|--------|---|
| Ртуть (Hg, суммарно) | мг/л | 0,0005 | ->- | 1 |
| Свинец (Pb, суммарно) | мг/л | 0,03 | ->- | 2 |
| Селен (Se, суммарно) | мг/л | 0,01 | ->- | 2 |
| Стронций (SrI +) | мг/л | 7 | ->- | 2 |
| Сульфаты (SO4 I-) | мг/л | 500 | орг. | 4 |
| Фториды (F-) | мг/л | | с.- т. | |
| Фториды (F-)*: | | | | |
| 1-й и 2-й климатический районы | мг/л | 1,5 | ->- | 2 |
| 3-й климатический район | мг/л | 1,2 | ->- | 2 |
| 4-й климатический район | мг/л | 0,7 | ->- | 2 |
| Хлориды (Cl -) | мг/л | 350 | орг. | 4 |
| Хром (Cr 6+) | мг/л | 0,05 | с.- т. | 3 |
| Цианиды (CN-) | мг/л | 0,035 | ->- | 2 |
| Цинк (ZnI +) | мг/л | 5,0 | орг. | 3 |
| <i>Органические вещества</i> | | | | |
| У ГХЦГ (линдан) | мг/л | 0,002 | с.- т. | 1 |
| ДДТ (сумма изомеров) | мг/л | 0,002 | ->- | 2 |
| 2,4 - Д | мг/л | 0,03 | ->- | 2 |

Примечание. * – Климатические районы: 1-й – холодный, 2-й – умеренный, 3-й – тёплый, 4-й – жаркий.

** – Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населённом пункте и применяемой технологии водоподготовки.

- содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе её обработки в системе водоснабжения (табл. 3);

Таблица 3. Гигиенические требования к содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе её обработки

| Показатель | Единицы измерения | Норматив (ПДК), не более | Показатель вредности | Класс опасности |
|---|-------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
| Хлор: свободный остаточный связанный остаточный | мг/л | 0,3–0,5 | орг. | 3 |
| | мг/л | 0,8–1,2 | -//- | 3 |
| Хлороформ | мг/л | 0,2* | с.-т. | 2 |
| Озон остаточный | мг/л | 0,3 | орг. | 2 |
| Формальдегид | мг/л | 0,05 | с.-т. | 2 |
| Полиакриламид | мг/л | 2,0 | -//- | 2 |
| Активированная кремнекислота (по Si) | мг/л | 10,0 | -//- | 2 |
| Полифосфаты (по PO ₄ ³⁻) | мг/л | 3,5 | орг. | 3 |
| Остаточные количества алюминийсодержащих коагулянтов | мг/л | 0,5 | с.-т. | 2 |
| Остаточные количества железосодержащих коагулянтов | мг/л | 0,3 | орг. | 3 |

Примечание:* – норматив принят в соответствии с рекомендациями ВОЗ.

Применение различных методов очистки, обеззараживания и специальной обработки воды с использованием химических реагентов приводит к накоплению в ней остаточных количеств этих реагентов и образующихся в процессе обработки воды побочных веществ, некоторые из них потенциально опасны (табл. 3).

Благоприятные **органолептические свойства** воды определяются её соответствием нормативам, указанным в табл. 4, а также нормативам содержания химических веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства, приведенным в табл. 2 и 3. Методы исследования органолептических свойств в

пробе воды основаны на выявлении этих свойств с помощью органов чувств и включают внешний осмотр пробы воды, выявление плёнки на её поверхности, определение цветности, прозрачности (мутности), запаха и вкуса.

Таблица 4. Гигиенические требования к органолептическим свойствам питьевой воды

| Показатель | Единицы измерения | Нормативы, не более |
|------------|--|----------------------|
| Запах | Баллы | 2 |
| Привкус | Баллы | 2 |
| Цветность | Градусы | 20 (35) |
| Мутность | ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину) | 2,6 (3,5) 1,5 (2) |

Примечание: Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению Главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населённом пункте и применяемой технологии водоподготовки.

Радиационная безопасность питьевой воды основана на общей альфа- и бета- радиоактивности питьевой воды:

- общая альфа-радиоактивность не должна превышать 0,1 Бк / л;
- общая бета-радиоактивность не должна превышать 1,0 Бк / л.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

1. Определение органолептических свойств воды

Определение запаха и вкуса воды

Запах воды определяется при обычной температуре (20°C) и при нагревании до 60° С. Колбу ёмкостью 150-200 мл наполнить на 2/3 исследуемой водой. Накрыв её часовым стеклом, интенсивно встряхнуть и затем, быстро открыв, определить запах

воды по характеру (хлорный, землистый, гнилостный, болотный, нефтяной, аптечный, ароматический, неопределённый) и по интенсивности. Количественно запах оценивается по пятибалльной шкале (табл.1). При определении запаха воды руки и одежда исследователя не должны иметь посторонних запахов (духов, и проч.), воздух помещения должен быть чистым. При централизованной системе водоснабжения допускается запах воды, предназначенной для питья, не более 2 баллов при 20°С и 60°С и не более 3 баллов – при нецентрализованной (местной) системе водоснабжения. Специфические запахи, появляющиеся при хлорировании, не должны превышать 1 балла.

Вкус воды определяется только при уверенности, что она безопасна (отсутствуют ядовитые вещества и бактериальное загрязнение). Полость рта ополаскивают 10 мл исследуемой воды и, не проглатывая её, определяют вкус (солоняватый, горький, кислый, сладкий), привкус может быть рыбный, металлический, неопределённый. Интенсивность привкуса также оценивается в баллах (табл. 5).

Таблица 5. Шкала интенсивности запаха и привкуса питьевой воды

| Интенсивность запаха или привкуса | Описание интенсивности запаха | Баллы |
|--|--|--------------|
| Никакого | Запах или привкус не ощущается | 0 |
| Очень слабая | Запах или привкус ощущается только в лаборатории опытным аналитиком | 1 |
| Слабая | Запах или привкус ощущается, если обратить на него внимание | 2 |
| Заметная | Запах или привкус легко обнаруживаются | 3 |
| Отчётливая | Запах или привкус обращает на себя внимание и делает воду неприятной для питья | 4 |
| Очень сильная | Запах или привкус настолько сильный, что делает воду непригодной для питья | 5 |

Определение прозрачности воды

Прозрачность воды зависит от количества механических взвешенных нерастворимых в воде частичек (мути), химических соединений (например, гидрата окиси железа) или присутствия микроорганизмов и фитопланктона.

Прозрачность воды определяется обычно по высоте столба воды, через которую можно прочесть текст, напечатанный стандартным шрифтом Снеллена. Высота столба воды, измеряемая в сантиметрах, указывает на степень её прозрачности. Исследуемую воду взболтать и налить доверху в специальный градуированный стеклянный цилиндр высотой 30 см с плоским дном и выпускным краном у дна, на который надет резиновый наконечник с зажимом. Под цилиндр на высоте 4 см от его дна поместить шрифт Снеллена и попытаться различить буквы через столб воды в цилиндре. Если вода мутная и шрифт прочесть не удаётся, то с помощью зажима на резиновом наконечнике цилиндра нужно постепенно сливать воду в чашку Петри до тех пор, пока буквы шрифта станут различимыми. Отметить высоту столба воды в цилиндре, при которой возможно чтение шрифта Снеллена. Питьевая вода должна иметь прозрачность не ниже 30 см. При прозрачности 20-30 см высоты водного столба воды признаётся слабо мутной, 10-20 см – мутной, менее 10 см - очень мутной.

Степень прозрачности воды можно характеризовать также её обратной величиной – **мутностью**. Количественно мутность определяется с помощью специального прибора – мутномера, в котором исследуемую воду можно сравнить с эталонным раствором, приготовленным из инфузорной земли или каолина на дистиллированной воде. Мутность воды выражается в миллиграммах взвешенного вещества на 1 л воды.

Определение цветности воды

Цветность воды зависит от присутствия растворённых в воде химических веществ, имеющих цвет, либо от наличия в воде микроорганизмов. В соответствии с гигиеническими требованиями питьевая вода не должна иметь цветность и содержать

различимые невооружённым глазом водные организмы и поверхностную плёнку.

Определение цветности можно проводить с помощью фотоколориметра, но наиболее простым способом является визуальная оценка с помощью шкалы цветности, при этом цветность воды измеряется в условных градусах цветности. Шкала цветности представляет набор цилиндров объёмом 100 мл, заполненных эталонным раствором окрашивающего вещества различного разведения. В качестве эталона используют хромово-кобальтовый раствор. Исходный хромово-кобальтовый эталонный раствор (0,0875 г двуххромовокислого калия $K_2Cr_2O_7$ и 2 г сернокислого кобальта $CoSO_4$ на 1 л дистиллированной воды с добавлением 1 мл химически чистой серной кислоты H_2SO_4 удельного веса 1,84) имеет максимальную цветность – 500° цветности. Разведение исходного эталонного раствора бесцветным водным раствором H_2SO_4 в соотношениях, приведённых в табл. 2 даёт шкалу цветности.

Таблица 6. Шкала для определения цветности воды

| Номер цилиндра | Количество основного раствора, мл | Подкисленная дистиллированная вода, мл | Цветность, градусы |
|----------------|-----------------------------------|--|--------------------|
| 1 | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 1 | 99 | 5 |
| 3 | 2 | 98 | 10 |
| 4 | 3 | 97 | 15 |
| 5 | 4 | 96 | 20 |
| 6 | 5 | 95 | 25 |
| 7 | 6 | 94 | 30 |
| 8 | 8 | 92 | 40 |
| 9 | 10 | 90 | 50 |
| 10 | 12 | 88 | 60 |
| 11 | 14 | 86 | 70 |
| 12 | 16 | 84 | 80 |

Для определения цветности 100 мл испытуемой воды налить в колориметрический цилиндр, сравнить её окраску с окраской эталонов шкалы цветности при рассматривании воды в цилиндре сверху вниз через столб воды на белом фоне и определить цветность исследуемой воды в градусах цветности, выбрав эталон с водой, имеющий идентичную интенсивность окрашивания. Гигиеническое заключение о качестве исследуемой пробы воды делается на основании сравнения с гигиеническим нормативом: цветность питьевой воды допускается не более 20° (35°) при централизованном, 30° – при нецентрализованном водоснабжении.

Заключение

Определение аммиака, нитритов, нитратов, хлоридов, сульфатов

Определение содержания аммиака (азота аммонийных солей)

Принцип определения аммиака в воде основан на его способности вступать в химическую реакцию с реактивом Несслера, в результате которой образуется йодистый меркураммоний, который окрашивает раствор в красно-бурый цвет. О наличии и ориентировочном содержании аммиака в воде можно судить по интенсивности этой окраски.

Соли Ca, Mg, Al, Fe также могут вступать в реакцию с реактивом Несслера, поэтому их необходимо предварительно связать раствором сегнетовой соли.

А. Качественное определение

В пробирку налить 10 мл исследуемой воды, 0,2 мл сегнетовой соли и после перемешивания добавить 0,2 мл реактива Несслера. Появление желтой окраски указывает на присутствие аммиака, количество которого можно приблизительно определить по табл. 7.

Таблица 7. Ориентировочное определение содержания аммиака в воде

| Окрашивание при рассмотрении пробирки сбоку | Окрашивание при рассмотрении пробирки сверху вниз | Содержание аммиака, мг/ л |
|--|--|----------------------------------|
| Нет | Нет | Менее 0,05 |
| Нет | Чрезвычайно слабое, желтоватое | 0,1 |
| Чрезвычайно слабое, желтоватое | Слабо-желтоватое | 0,25 |
| Очень слабо-жёлтое | Желтоватое | 0,5 |
| Слабо-желтоватое | Светло-жёлтое | 1,0 |
| Светло-жёлтое | Жёлтое | 2,5 |
| Жёлтое | Интенсивно желтовато-буроватое | 5,0 |
| Мутное, резко-жёлтое | Мутное, бурое | 10,0 |
| Мутное, бурое | Мутное, интенсивно бурое | 25,0 |

Б. Количественное определение

Количественное определение аммиака в воде проводят с помощью фотоэлектроколориметра (ФЭК).

Таблица 8. Содержание аммиака в воде в зависимости от оптической плотности раствора

| Оптическая плотность растворов (по ФЭК) | Содержание аммиака, мг/л | Оптическая плотность растворов (по ФЭК) | Содержание аммиака, мг/л |
|--|---------------------------------|--|---------------------------------|
| 0,063 | 0,1 | 0,130 | 1,8 |
| 0,070 | 0,2 | 0,138 | 2,0 |
| 0,080 | 0,4 | 0,146 | 2,2 |
| 0,085 | 0,6 | 0,153 | 2,4 |
| 0,092 | 0,8 | 0,161 | 2,6 |
| 0,100 | 1,0 | 0,168 | 2,8 |
| 0,108 | 1,2 | 0,176 | 3,0 |
| 0,115 | 1,4 | 0,183 | 3,2 |
| 0,123 | 1,6 | 0,191 | 3,4 |

В колбу налить 50 мл исследуемой воды, прилить 1 мл селитровой соли, 1 мл реактива Несслера и тщательно перемешать. Через 5 мин часть содержимого колбы перелить в 10-миллиметровую кювету и измерить оптическую плотность на ФЭЖе с синим светофильтром, используя в качестве контрольного раствора дистиллированную воду. Результат сопоставляется с данными табл. 8.

Определение содержания солей азотистой кислоты (нитритов)

Принцип определения азота нитритов в воде основан на способности азотистой кислоты вступать в реакцию с реактивом Грисса с образованием азотокрасителя розового цвета. О наличии и ориентировочном содержании нитритов можно судить по интенсивности окрашивания раствора образующимся азотокрасителем.

А. Качественное определение

В пробирку с 10 мл исследуемой воды прилить 0,5 мл реактива Грисса и нагреть в водяной бане при 70°С в течение 5 мин. Появление розового окрашивания указывает на наличие аниона NO₂, количество которого можно определить приблизительно по табл. 9.

Таблица 9. Ориентировочное определение содержания азота нитритов

| Окрашивание при рассматривании пробирки сбоку | Окрашивание при рассматривании пробирки сверху вниз | Содержание аниона NO₂, мг/л |
|--|--|---|
| Нет | Нет | Менее 0,001 |
| Едва заметное розовое | Чрезвычайно слабо-розовое | 0,002 |
| Очень слабо-розовое | Слабо-розовое | 0,004 |
| Светло-розовое | Светло-розовое | 0,02 |
| Слабо-розовое | Розовое | 0,04 |
| Розовое | Ярко-розовое | 0,07 |
| Ярко-розовое | Красное | 0,2 |
| Красное | Ярко-красное | 0,4 |

Б. Количественное определение

Количественное определение нитритов в воде проводится с помощью ФЭКа с использованием зелёного светофильтра. В качестве контроля используется дистиллированная вода. Результаты оцениваются по калибровочной кривой.

Определение содержания солей азотной кислоты (нитратов)

А. Качественное определение

Качественная реакция на соли азотной кислоты проводится с дифениламином или бруцином. В фарфоровую чашечку налить 2 мл исследуемой воды, внести стеклянной палочкой 2-3 кристаллика дифениламина или бруцина и осторожно из пипетки наслить несколько капель концентрированной серной кислоты. В присутствии нитратов при реакции с дифениламином появляется синее окрашивание, при реакции с бруцином - ярко - розовое, переходящее в желтое. Если в воде содержатся соли азотистой кислоты, реакция может оказаться ошибочной, т. к. они также дают с дифениламином синее окрашивание. В таких случаях к 100 мл исследуемой воды следует добавить несколько капель концентрированной серной кислоты и 2-3 кристаллика мочевины и оставить раствор при комнатной температуре на 10-15 мин. Азотистая кислота разлагается с выделением газообразного азота.

Б. Количественное определение

Количественное определение нитратов в воде основано на том, что азотнокислые соли в присутствии фенола и серной кислоты образуют пикриновую кислоту, которая с помощью аммиака превращается в пикрат аммония жёлтого цвета.

Количество нитратов определяется с помощью ФЭКа. 10 мл исследуемой воды нужно выпарить в фарфоровой чашечке. После охлаждения в эту чашечку прилить 1 мл сульфифенолового реактива и через 5 мин смесь развести 10-20 мл дистиллированной воды, перелить в цилиндр на 100 мл и добавить туда 10 мл 10% раствора аммиака. Чашечку 2-3 раза ополоснуть дистилли-

рованной водой и также слить в цилиндр. Объём воды в цилиндре довести до 100 мл. При наличии нитратов в воде раствор приобретает жёлтый цвет, т. к. образуется пикрат аммония. Полученную жидкость налить в кювету ёмкостью 30 мм и измерить оптическую плотность на ФЭЖе с синим светофильтром. В качестве контроля используется дистиллированная вода. Результат сравнивается с табл. 10.

Таблица 10. Содержание нитратов в воде в зависимости от оптической плотности растворов

| Оптическая плотность растворов (по ФЭЖ) | Содержание аммиака, мг/л | Оптическая плотность растворов (по ФЭЖ) | Содержание аммиака, мг/л |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
| 0,060 | 5,0 | 0,215 | 25,0 |
| 0,080 | 7,5 | 0,250 | 27,5 |
| 0,110 | 10,0 | 0,272 | 30,0 |
| 0,125 | 12,5 | 0,294 | 32,5 |
| 0,142 | 15,0 | 0,316 | 35,0 |
| 0,163 | 17,5 | 0,336 | 37,5 |
| 0,183 | 20,0 | 0,358 | 40,0 |
| 0,200 | 22,5 | 0,372 | 42,5 |

Определение содержания хлоридов (связанного хлора)

Принцип метода определения хлоридов в воде основан на способности нитрата серебра осаждать их с образованием осадка хлористого серебра белого цвета, нерастворимого в воде и в азотной кислоте. Для того, чтобы в осадок не выпадали одновременно углекислые и фосфорнокислые соли, их нужно растворить прибавлением азотной кислоты.

А. Качественное определение

В пробирку налить 10 мл исследуемой воды, прибавить 2 капли концентрированной азотной кислоты, пользуясь при этом пипеткой, и 2–3 капли 10% раствора нитрата серебра. В присутствии хлоридов образуется белый осадок или помутнение раствора.

Б. Количественное определение

Для количественного определения хлоридов используется титрованный раствор нитрата серебра, 1 мл которого соответствует 1 мг хлоридов. По количеству раствора, пошедшего на титрование, судят о содержании хлоридов в воде. В качестве индикатора для титрования применяется бихромат калия, который вступает в реакцию с нитратом серебра, образуя бихромат серебра, окрашивающий раствор в красно-бурый цвет. Появление такой окраски при титровании указывает на завершение осаждения хлоридов.

В колбу объёмом 250–300 мл налить 100 мл исследуемой воды и добавить 1 мл индикатора бихромата калия и осторожно перемешать круговыми движениями. Затем налить раствор нитрата серебра в бюретку и титровать этим раствором исследуемую пробу до появления устойчивой, не исчезающей, но очень слабой красной окраски раствора. Отметить количество миллилитров нитрата серебра, пошедшего на титрование, и произвести расчёт по формуле:

$$X = K \cdot n \cdot 1000 / V,$$

где: X – содержание хлоридов в воде, мг/л;

K – титр раствора азотнокислого серебра, равный 1 мг/мл;

n – количество азотнокислого серебра, пошедшее на титрование, мл;

V – объём исследуемой воды, мл;

1000 – коэффициент для перерасчёта на 1 л воды.

Определение сульфатов

В пробирку наливают 4 мл исследуемой воды, прибавляют 1–2 капли соляной кислоты, 3–5 капель 5% раствора хлорида бария и нагревают до кипения. Содержание сульфат-ионов (мг/л) в воде в зависимости от её мутности таково:

Слабая муть, появляющаяся через несколько минут – 1,0–10.

Слабая муть, появляющаяся через 10 минут – 10–100.

Сильная муть – 100–500.

Большой осадок, быстро осаждающийся на дно – более 500.

Допустимое их количество – до 500 мг в 1 л воды.

Ситуационная задача № 1

Военный городок снабжается водой из артезианской скважины (глубина – 120 м, дебит – 30 м³ /ч, мощность насоса – 5 м³ /ч). Население городка – 300 человек. В связи с перебоями электрообеспечения, в подаче воды в водопроводную сеть бывают перерывы, особенно ночью. По данным лабораторных исследований, вода по физическим и химическим показателям отвечает требованиям СанПиН, однако количество общих колиформных бактерий в ней равно 6.

Вопросы:

1. Дайте оценку существующего водоснабжения и внесите предложения по его улучшению.

Ситуационная задача № 2

Вода, получаемая из артезианской скважины № 1, расположенной на территории военного городка, по физическим, химическим и бактериологическим показателям отвечает СанПиН. Однако в последние 2 недели стали наблюдаться следующие явления: вода, спустя 2–3 ч после подъема приобретает желто-бурю окраску, мутнеет, в ней образуются хлопья.

Вопросы:

1. Установите причины ухудшения качества воды и дайте соответствующие рекомендации.

Ситуационная задача № 3

1. Гарнизон снабжается водой из группы береговых колодцев, оборудованных в 5–10 м от большой судоходной реки, на берегах которой располагаются промышленные предприятия, в том числе крупный нефтеперерабатывающий завод – в 75–80 км вверх по течению. Суточный дебит воды составляет 1000–1200 м³. На водопроводной станции вода хлорируется нормальными дозами (1,5–2 мг активного хлора на 1 л воды) с помощью стационарного хлоратора Кульского. В январе вода из водопроводной сети приобрела сильные ароматические запах и привкус, исключившие возможность использования ее для питья и приготовления пищи. Воду для этих целей стали подвозить из ближайшего центра (в 30 км), имеющего буровые скважины. При лабораторном исследовании этой воды в санитарноэпидемиоло-

гической лаборатории загрязнений в ней, в том числе азотных соединений, не обнаружено, однако были выявлены колиформные бактерии (12) и бактерии, образующие колонии в 1 см (100). Начальник медицинской службы гарнизона приказал врачу войсковой части, эксплуатирующей водопроводную станцию, принять меры по установлению причин ухудшения качества воды.

Вопросы:

1. Каков план Ваших действий?

Ситуационная задача № 4

Военный городок снабжается из артезианской скважины глубиной 140 м. Скважина питается из межпластового водоносного горизонта, кроме того, в нее поступает грунтовая вода через отверстия в обсадных трубах на глубине 15–20 м. Вода собирается в резервуар емкостью 500 м³, из которого насосом второго подъема подается в водонапорную башню, а из нее поступает в разводящую сеть. Вода подается в жилые дома периодически, в казармы и кухни-столовые – круглосуточно. В 35 м от скважины, выше по уклону местности, расположена уборная поглощающего типа, которой пользуется личный состав расположенного здесь строительного батальона. Грунт песчаный. В первой половине августа шли дожди. Результат анализа воды приведен в таблице.

Таблица 1. Результаты анализа проб воды

| Дата проведения анализа | Азот аммиака, мг/л | Азот нитритов, мг/л | Содержание хлоридов мг/л | Общее число колиформных бактерий | Общее число микробов |
|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 15/VI | 0.1 | 0.007 | 380 | 100 | 50 |
| 15/VII | 0.2 | 0.05 | 275 | 50 | 70 |
| 20/VIII | 0.2 | 0.1 | 290 | 10 | 120 |

Вопросы:

1. Дайте оценку и рекомендации по улучшению состояния водоснабжения военного городка.

Тема № 2. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вид занятия: практическое.

Цель занятия: Изучить системы водоснабжения, гигиенические требования к их устройству, а также устройство водопровода; ознакомиться с зонами санитарной охраны водоисточников.

План занятия:

- Системы водоснабжения. Гигиенические требования к их устройству. Устройство водопровода.
- Зоны санитарной охраны водоисточников.
- Нормы водопотребления.

Основные вопросы темы занятия:

- Санитарно-гигиенические требования и нормативы качества питьевой воды (органолептические и микробиологические показатели, химический состав). (СанПиН 2.1.4.1074 – 01).
- Санитарно-гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1075 -02).

В КР оценка качества питьевой воды при децентрализованной системе водоснабжения производится на основании санитарных правил и нормативов СанПиН 2.1.4.002-03 *«Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованного питьевого водоснабжения. Контроль качества»* и СанПиН 2.1.4.1175-02 *«Гигиенические требования к качеству воды децентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»*. Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к качеству воды источников децентрализованного (местного) водоснабжения, к выбору места расположения, оборудованию и содержанию водозаборных сооружений и прилегающих к ним территории.

Используются две системы водоснабжения:

- централизованная, при которой вода подаётся в жилые дома, учреждения, предприятия и т.д.
- децентрализованная (местная), при которой потребитель сам берёт воду непосредственно из водоисточника.

Централизованное водоснабжение может осуществляться из поверхностных и подземных водоисточников. Это такое водоснабжение, когда вода после добычи и очистки поступает в систему подземных труб, по которым распределяется по территории населенного пункта и эта вода отвечает требованиям ГОСТа «Вода питьевая». При этом водопровод состоит из скважины, насосов первого подъёма, поднимающих воду в водосборный резервуар, насоса второго подъёма, который выкачивает воду из сборного резервуара и подаёт её в разводящую сеть. По ходу разводящей сети устанавливают водонапорный резервуар.

Скважины представляют собой вертикальные каналы, доходящие до водоносного слоя. Из водоносного горизонта поступает вода в приёмную часть скважины, снабжённую фильтром. Он задерживает частицы породы из водоносного пласта.

Из артезианских скважин воду собирают в подземных резервуарах, которые должны быть устроены в соответствии с гигиеническими требованиями.

Горизонтальные водозаборы состоят из водоприёмной части, получающей воду из водоносного горизонта, отводящей части – для отвода самотёком воды в водосборный колодец и насосной станции.

Вода при использовании водовода, основанного на горизонтальном водозаборе, менее надёжна в санитарном и эпидемиологическом отношении.

Каптажные устройства применяют для захвата подземных вод, выходящих на поверхность в виде родников. Забор воды из восходящего родника производится через дно каптажной камеры, из нисходящего – через отверстие в стене камеры. Приём воды в камеру должен быть оборудован фильтром. Камера должна быть защищена от поверхностных загрязнений.

Централизованное водоснабжение из открытых водоёмов организуется из:

- водозаборных сооружений;
- сооружений для улучшения качества воды;
- распределительной сети.

Для забора воды из открытого водоёма пользуются специальным приёмником. Приёмник может быть устроен в виде берегового колодца или ковша. Далее при помощи насосов первого подъёма вода подаётся на очистные сооружения, где улучшаются её свойства.

Децентрализованным водоснабжением является использование для питьевых и хозяйственных нужд населения воды подземных источников, забираемой с помощью различных водозаборных сооружений (шахтных и трубчатых колодцев, каптажей родников), открытых для общего пользования без подачи её к месту пользования.

Питьевая вода из местного источника водоснабжения по химическому составу и свойствам должна соответствовать нормативам, изложенным в СанПиН 2.1.4.1175-02 и представленным в табл. 11. Набор показателей эпидемической безопасности почти совпадает с СанПиН 2.1.4.1074 – 01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения». Необходимости во введении показателя «сульфитредуцирующие клостридии» нет из-за отсутствия очистных сооружений. Радиационная безопасность воды на территориях, признанных зонами радиационного загрязнения, оценивается также в соответствии с СанПиН 2.1.1.1074 – 01.

Использование природных вод открытых водоёмов для хозяйственно-питьевого водоснабжения требует предварительного улучшения свойств воды и её обеззараживания. Средства по улучшению качества воды включают в себя методы *очистки воды*, улучшающие органолептические свойства воды, и методы *её обеззараживания*, целью которых является уничтожение патогенных микроорганизмов, т. е. обеспечение эпидемиологической безопасности воды.

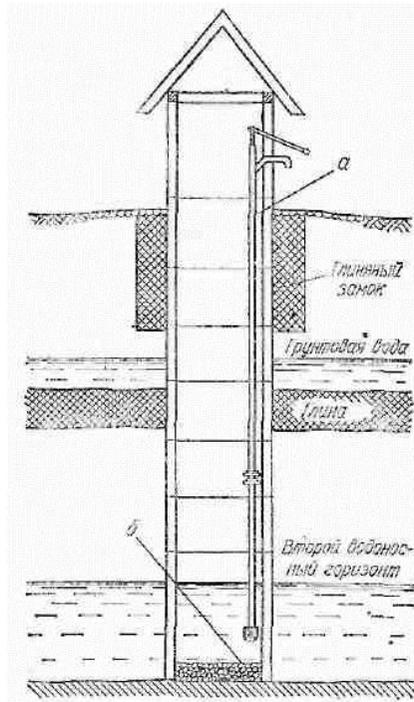
Таблица 11. Нормативы по составу и свойствам воды децентрализованного водоснабжения

| Показатели | Единицы измерения | Норматив |
|---|--|---|
| <i>Органолептические</i> | | |
| Запах | Баллы | Не более 2-3 |
| Привкус | Баллы | Не более 2-3 |
| Цветность | Градусы | Не более 30 |
| Мутность | ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину) | В пределах 2,6- 3,5 В пределах 1,5 – 2,0 |
| <i>Химические</i> | | |
| Водородный показатель | Единицы PH | В пределах 6-9 |
| Жесткость воды общая | Мг – экв / л | В пределах 7-10 |
| Нитраты (NO ₃ -) | Мг / л | Не более 45 |
| Общая минерализация (сухой остаток) | ->- | В пределах 1000 - 1500 |
| Окисляемость перманганатная | ->- | В пределах 5-7 |
| Сульфаты (SO ₄ ²⁻) | ->- | Не более 500 |
| Хлориды (Cl ⁻) | ->- | Не более 350 |
| Химические вещества неорганической и органической природы | ->- | ПДК |
| <i>Микробиологические</i> | | |
| Термотолерантные колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл воды | Отсутствие |
| Общие колиформные бактерии | Число бактерий в 100 мл воды | Отсутствие |
| Общее микробное число | Число микробов, образующих колонии, в 1 мл воды | 100 |
| Колифаги | Число бляшкообразующих единиц в 100 мл воды | Отсутствие |

Децентрализованное водоснабжение. Местное, или децентрализованное, водоснабжение распространено в сельской местности. Местное водоснабжение менее благоприятно в санитарном отношении, т.к. при нем создаются условия для загрязнения воды при её заборе и транспортировке. В небольших сельских населённых пунктах широко используются грунтовые воды. Для их забора сооружают различного типа колодцы, каптированные родники. Место их расположения следует выбирать на не затопляемом паводковыми водами, без деформации грунта и оползней незагрязнённом участке, удалённом от существующих или возможных источников загрязнения (выгребных ям и уборных, складов удобрений и ядохимикатов, предприятий местной промышленности, канализационных сооружений и др.):

- не менее чем на 50 м выше по потоку грунтовых вод;
- не ближе 30 м от магистралей с интенсивным движением транспорта;
- не ближе 20 м от мест мытья автомашин, водопоя животных, стирки и полоскания белья и других источников загрязнения воды.

Шахтные колодцы используются для забора подземных вод из первого от поверхности безнапорного водоносного слоя и состоят из надземной части (оголовка), шахты и водоприёмной части. Колодец должен иметь крышку или железобетонное покрытие с люком. По периметру оголовка колодца должен быть сделан глиняный «замок» (из уплотнённой жирной глины) глубиной 2 м и шириной 1 м. Стенки шахты колодца должны быть оборудованы водонепроницаемыми материалами (бетонными кольцами или деревянным срубом без щелей). Для добычи воды могут использоваться насос, ворот, колесо или «журавль» с укреплённым общественным ведром.



*Рис. 2. Шахтный колодец из бетонных колец с насосом:
а – насос; б – слой гравия на дне колодца.*

Трубчатые колодцы могут быть общественного и индивидуального пользования. Стенки трубчатых колодцев изготавливаются из водонепроницаемых металлических труб, по которым насосом поднимается вода из водоносных горизонтов, залегающих на различной глубине (от 8 до 100 м и более). На конце должен быть укреплен фильтр. Оголовок должен быть герметично закрыт, иметь кожух и сливную трубу, снабженную крючком для подвешивания ведра. Подъем воды из трубчатого колодца производится с помощью ручных и электрических насосов.

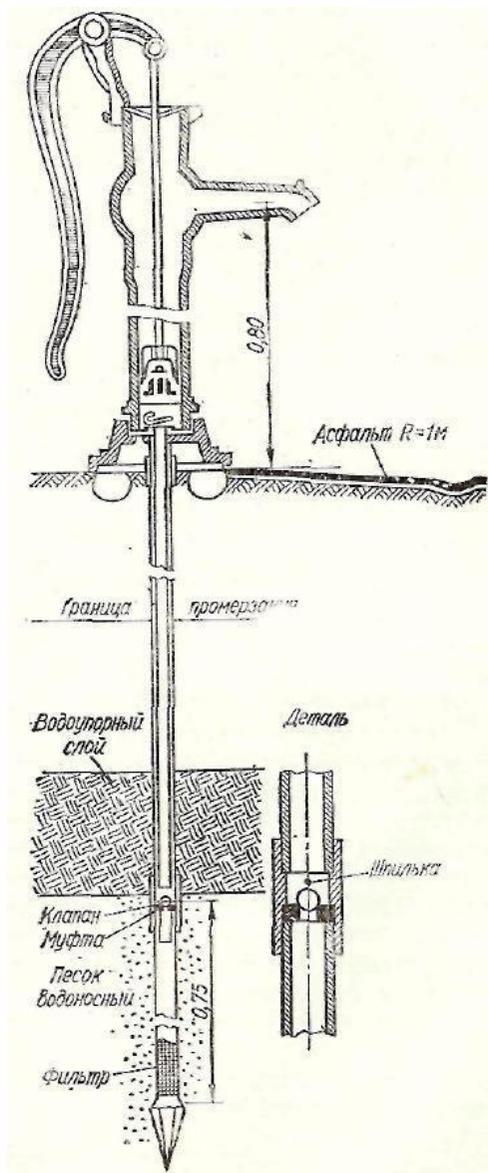


Рис. 3. Мелкотрубчатый колодец

Каптаж родника - специально оборудованная водосборная камера с отверстием для сбора выходящих на поверхность подземных вод, дно и стенки камеры должны быть гидроизолированы с помощью «замка» из глины. Каптаж должен иметь утеплённую горловину с люком, крышку, водозаборную и сливную трубы. Водозаборная труба должна быть отведена на 1–1,5 м, иметь кран и крючок для подвешивания ведра.

Стены колодца или горловины каптажа должны возвышаться над поверхностью земли не менее чем на 0,8 м. Земля вокруг водозаборного устройства присыпается песком, покрывается кирпичом, бетоном или асфальтируется в радиусе не менее 2 м с уклоном от колодца в сторону водоотводной канавы. Около колодца должна быть скамья для вёдер. Территория вокруг колодца должна быть огорожена.

Гигиеническая оценка воды для определения пригодности её применения в качестве питьевой проводится по стандартной схеме. Если выявлено нарушение хотя бы одного санитарно-гигиенического показателя, вода признаётся непригодной для использования в качестве питьевой без очистки, обеззараживания или специальных методов обработки, выбор которых определяется качеством воды.

Ситуационная задача № 1

Подразделение, обслуживающее пункт связи, расположенный на острове в дельте крупной реки, пользуется водой из шахтного колодца, удаленного на 120 м от ближайшего берега. Стенки колодца сделаны из цементных колец. Оголовок его возвышается над уровнем земли на 45 см. Глиняного замка и замощения вокруг колодца нет, навеса также нет. Вода из колодца поднимается специальным ведром. В периоды подъема воды в реке (паводок, ливневые дожди) колодец заливает. Грунт острова песчаный. Вода в колодце не обеззараживается.

Вопросы:

1. Дайте оценку водоснабжению и внесите предложения по улучшению его состояния. СИТУАЦИОНН

**Тема №3. МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ.
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ. САНИТАРНАЯ
ОЧИСТКА. ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ
Нормы водопотребления**

Вид занятия: практическое.

Цель занятия: Ознакомление студентов с причинами и источниками загрязнения воды и методы улучшения качества воды изучить методы обеззараживания воды; изучить;

План занятия:

- Методы и способы механической очистки воды (отстаивание);
- Химические методы (коагулирование, хлорирование, озонирование);
- Физические методы (Уф-облучение, ультразвук, фильтрование);
- Специальные методы улучшения качества воды (фторирование, обесфторирование, дезодорация, дезактивация, обезжелезивание, опреснение и др.).

Контрольные вопросы:

- Гигиеническая характеристика методов обеззараживания воды. Достоинства и недостатки методов.
- Физические методы.
- Механические методы.
- Хлорирование воды. Понятие о хлорпотребности, хлорпоглощаемости и остаточном хлоре.
- Способы хлорирования воды.
- Специальные методы улучшения качества воды.

Блок информации

Обеззараживание воды

Для обеззараживания воды на водопроводах используются различные механические, физические и химические методы.

Физические (нереагентные) методы обеззараживания воды: *кипячение, обработка ультрафиолетовым (УФ) облучением, воздействие ультразвуковыми волнами, токами высокой частоты, гамма-лучами, фильтрацией* – применяются в зависимости от конкретных целей и условий обработки воды. Нереагентные методы обеззараживания имеют преимущества перед реагентными: они не изменяют химического состава воды, не приводят к образованию токсичных веществ, не ухудшают органолептических свойств воды, имеют широкий диапазон бактерицидного действия, т.к. действуют непосредственно на структуру микроорганизмов.

Наибольшее применение на водопроводных станциях имеет метод обеззараживания воды **ультрафиолетовыми лучами** с длиной волны 200-275 нм; максимум бактерицидного действия УФ-лучами находится в диапазоне волн 260 нм. УФ-облучение воды вызывает быструю гибель вегетативных форм, вирусов, спор микроорганизмов, в том числе устойчивых к хлору.

При местном водоснабжении наиболее надёжным методом обеззараживания воды является **кипячение**. В результате кипячения в течение 3-5 мин погибают все имеющиеся в воде микроорганизмы, а после 30 мин вода становится стерильной (погибают споры бацилл).

Следующим этапом обработки является **фильтрация**. Фильтры классифицируют:

- по скорости потока – медленные и скорые;
- по направлению потока – одно- и двухпоточные;
- по количеству фильтрующих слоёв – одно- двух- и многослойные.

В качестве фильтрующих материалов используется кварцевый песок, антрацит, керамзит и другие подобные материалы.

Способы работы **медленных фильтров** принципиально различаются. В работе медленных фильтров главную роль играет биологическая плёнка, образующаяся на поверхности фильтра (кварцевого песка) из илистого осадка. За счёт биоокисления органических веществ на этой плёнке уменьшается число бактерий в воде (до 99%), снижается окисляемость и цветность. Од-

нако при увеличении толщины биоплёнки фильтрация прекращается. Устройство **скорых фильтров** позволяет предотвратить этот процесс за счёт промывки фильтра обратным потоком воды. Вода проходит фильтрующий и поддерживающий слои фильтра с более высокой скоростью, чем при медленной фильтрации. Далее через распределительную систему она направляется в резервуар для чистой воды. Для интенсификации процесса фильтрации повышают грязеемкость фильтров за счет технических решений – увеличения количества фильтрующих слоёв (фильтр двухслойной загрузки) и наличия двух потоков воды (фильтры АКХ и ДДФ). При этом резко увеличивается производительность и эффективность работы фильтров.

При работе скорых фильтров в слое зернистой загрузки может происходить процесс коагуляции – так работают контактные фильтры и осветлители. Их применение не требует предварительного отстаивания и коагуляции. Сравнительная эффективность различных способов фильтрации представлена в таблице 12.

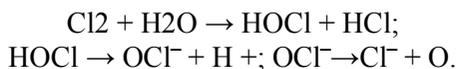
Таблица 12. Сравнительная эффективность способов фильтрации

| Тип фильтра | Скорость фильтрации в м/час | Задержка бактерий в % |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Медленный фильтр | 0,1–0,2 | 99 |
| Скорый фильтр | 5–8 | 60–95 |
| Скорый двухслойный фильтр | 10–12 | 70 |
| Фильтр АКХ | 12–51 | 80–96 |
| Контактный осветлитель | 4–5 | до 99 |

Механический метод заключается в отстаивании при котором происходит осветление и частичное обесцвечивание воды, которое осуществляется в специальных 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 ч. Однако мельчайшие частицы, в том числе значительная часть микроорганизмов, не успевают осесть. Поэтому отстаивание нельзя рассматривать как основной метод очистки воды.

К химическим (реагентным) методам относятся хлорирование, озонирование и обработка воды ионами серебра. Наиболее распространённым методом до настоящего времени является обработка воды соединениями **хлора**: газообразным хлором Cl_2 , двуокисью хлора ClO_2 , хлорной известью $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, CaO , H_2O , гипохлоритом кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, хлораминами. Во всех случаях при контакте этих хлорсодержащих соединений с водой выделяется хлорноватистая кислота, которая частично диссоциирует в воде с выделением гипохлоркатиона OCl^- и хлориона Cl^- :



Обеззараживающее действие оказывает гипохлорид-ион OCl^- и недиссоциированная хлорноватистая кислота и рассматриваются как «активный хлор». Бактерицидный эффект активного хлора связывают с его окислительным действием на клеточные ферменты, входящие в состав бактериальной клетки, и прежде всего на SH- группы клеточной оболочки бактерий, регулирующие процессы дыхания и размножения. При обеззараживании воды хлором могут применяться разные способы хлорирования воды: нормальное хлорирование (хлорирование по хлорпотребности), хлорирование с преаммонизацией, хлорирование с учётом точки перелома, перехлорирование. На крупных водопроводах для хлорирования применяют газообразный хлор, поступающий в стальных баллонах или цистернах в сжиженном виде. Как правило, используется метод нормального хлорирования, т. е. **метод хлорирования по хлорпотребности**. Важное значение имеет выбор дозы, обеспечивающий надёжное обеззараживание. При введении хлорсодержащего реагента в воду ос-

новное его количество (более 95%) расходуется на окисление органических и легко окисляющихся (соли двухвалентного железа и марганца) неорганических веществ, содержащихся в воде, и 2–3 % от общего количества хлора – на бактерицидное действие. Количество активного хлора в миллиграммах, которое при хлорировании воды взаимодействует с органическими веществами и некоторыми солями, а также идёт на окисление и обеззараживание микроорганизмов в 1 л воды в течение 30 мин, называется *хлорпоглощаемостью*. Хлорпоглощаемость воды определяется экспериментально путём проведения пробного хлорирования, т. к. её количество зависит от степени загрязнения воды. Появление в воде остаточного активного хлора свидетельствует о завершении процесса хлорирования воды и служит косвенным показателем её безопасности в эпидемиологическом отношении. Присутствие остаточного активного хлора в концентрациях 0,3–0,5 мг/л является гарантией эффективного обеззараживания. Кроме того, наличие остаточного хлора необходимо для предотвращения вторичного загрязнения воды в водопроводной сети. *Хлорпотребность* воды – это общее количество активного хлора в миллиграммах, обеспечивающее достаточный эффект обеззараживания воды и определяемое хлорпоглощаемостью воды и наличием остаточного количества активного хлора (0,3–0,5 мг/л) в воде. Хлорирование воды по методу нормального хлорирования наиболее приемлемо при централизованном водоснабжении, т.к. небольшие количества остаточного хлора не изменяют органолептических свойств воды (вкус и запах) и не требуют последующего дехлорирования.

Хлорирование с переаммонизацией применяется для обеззараживания воды, загрязнённой промышленными сточными водами с присутствием фенолсодержащих органических соединений, которые при реакции со свободным хлором образуют хлорфенолы, даже в ничтожных количествах придающих воде сильный аптечный запах. При этом способе вода вначале обрабатывается раствором аммиака, а через 0,5–2 мин хлорируется, в результате чего происходит образование хлораминов, не обла-

дающих неприятными запахами. Остаточное количество активного хлора в воде после обеззараживания её хлораминами в силу более слабого действия хлорамина хлора должно быть выше, чем свободного, и составлять не менее 0,8–1,2 мг/л.

При невозможности экспериментального определения хлорпоглощаемости воды используется **метод перехлорирования**. Перехлорирование проводят избыточными дозами хлорирующего препарата на основе оценки типа и состояния источника водоснабжения, качества очистки воды и эпидемической ситуации в зоне ограничений вокруг источника водоснабжения. Обеззараживание воды повышенными дозами хлора применяется обычно в полевых условиях, особенно при неудовлетворительных органолептических свойствах воды или неблагоприятном санитарно-топографическом состоянии территории вокруг водоисточника, а также при наличии случаев инфекционных заболеваний в районе. Доза активного хлора для перехлорирования выбирается так, чтобы заведомо превысить хлорпоглощаемость воды и обеспечить избыточное количество остаточного хлора. Это позволит сократить время контакта хлора с водой до 10–15 мин летом и до 30 мин зимой. Для обеззараживания воды повышенными дозами сравнительно чистой воды доза активного хлора обычно выбирается около 5–10 мг/л, для более загрязнённых вод с высокой цветностью и низкой прозрачностью используется доза в 10–20 мг/л, при сильном загрязнении воды и неудовлетворительной санитарно-эпидемической обстановке используется доза 20–30 мг/л и более.

Перехлорирование применяется для дезинфекции шахтных колодцев при вспышке кишечных инфекций в населённом месте, попадании в воду колодцев сточных вод, фекалий, трупов животных и др. или с профилактической целью по окончании строительства колодца, после его чистки или ремонта. Для этого используется обычно 100–150 мг активного хлора на 1 л воды с последующим перемешиванием и отстаиванием в течение 1,5–2–6 ч и откачкой воды до исчезновения резкого запаха хлора. При обеззараживании воды методом перехлорирования обычно применяется хлорная известь, необходимое количество которой вы-

числяется исходя из намеченной дозы активного хлора и процентного содержания активного хлора в хлорной извести. Поскольку содержание остаточного хлора при перехлорировании может намного превышать допустимые дозы и вода приобретает неприятный вкус и запах, необходимо произвести удаление избытка хлора, т. е. дехлорировать воду. Для этого обычно применяется 0,01 н раствор гипосульфита натрия или фильтрация воды через активированный уголь.

Недостатками метода хлорирования является ухудшение органолептических свойств воды, образование в воде токсичных веществ (хлорорганических соединений, диоксинов, хлорфенолов), продолжительное время контактирования воды с хлором и сложность подбора дозы при хлорировании нормальными дозами. Кроме этого, бактерицидное действие химических реагентов распространяется не на все формы микроорганизмов. Однако высокая эффективность и технологическая надёжность делают метод хлорирования самым распространённым в практике питьевой воды как в нашей стране, так и за рубежом.

Ионы серебра обладают выраженным бактериостатическим действием. Введение даже незначительного количества ионов серебра приводит к инактивации ферментов протоплазмы бактериальных клеток (олигодинамический эффект), потере способности к размножению и постепенной гибели. Серебрение воды может осуществляться различными способами: фильтрацией воды через песок, обработанный солями серебра; электролизом воды с серебряным анодом в течение 2 ч, что ведёт к переходу катионов серебра в воду. **Преимуществом метода** является долгое хранение посеребрённой воды. Из-за высокой стоимости серебра применяется для обеззараживания и консервации небольших объёмов питьевой воды в системах автономного жизнеобеспечения. Метод не используется для воды с большим содержанием взвешенных органических веществ и ионов хлора.

Озонирование основано на окислении органических веществ и других загрязнений воды озоном O_3 , являющимся сильным окислителем. Бактерицидные свойства озона обусловлены присутствием в воде атомарного кислорода и свободных короткоживущих радикалов HO_2 и OH , которые образуются при разложении озона в воде. Показателем эффективности озонирования является остаточный озон в воде ($0,03$ мг/л). **Преимущества метода** состоят в том, что озон улучшает органолептические свойства воды и обеспечивает надёжное обеззараживание воды при малом времени контакта – до 10 мин. Однако высокая энергоёмкость процесса получения озона затрудняет широкое внедрение этого метода.

Специальные методы улучшения качества воды, как правило, подземных источников, ввиду её высокой минерализации применяются с целью удаления из неё некоторых химических веществ и частичного улучшения органолептических свойств. К специальным методам обработки питьевой воды относятся: дезодорация, умягчение, опреснение, обезжелезивание, деконтаминация и др. **Дезодорация** (устранение неприятных запахов) достигается за счёт обработки воды окислителями (озонирование, большие дозы хлора, марганцевокислый калий) или фильтрованием через активированный уголь. **Умягчение** жёсткой воды (более 20° жёсткости) достигается через ионообменные смолы, загруженные катионитами (катионный фильтр) для обмена анионов. В результате этого происходит обмен ионов кальция и магния на ионы водорода или натрия. **Опреснение** воды, содержащей избыток минеральных солей (например, морской воды или воды в регионах с высокой засоленностью почв), осуществляется за счёт её фильтрации сначала через катионит, а затем через анионит, что позволяет освободить воду от всех растворённых в ней солей. Кроме этого, применяется дистилляция с последующим добавлением известковых солей до нормальной концентрации, характерной для питьевой воды, выпаривание с последующей конденсацией, вымораживание, электролиз. **Обезжелезивание** воды, содержащей иона железа, в кон-

центрации, превышающей ПДК (0,3 мг/л), проводится за счёт её аэрации путём разбрызгивания воды в специальных устройствах – градирнях. Метод основан на окислении растворимых солей двухвалентного железа и образовании нерастворимого в воде гидрата окиси железа, который затем осаждается в отстойнике и задерживается на фильтре. Снижение содержания радиоактивных веществ в воде (**деконтаминация**) осуществляется при применении основных методов её очистки, при более высокой степени загрязнения радионуклеидами воду фильтруют через ионообменные смолы.

Зоны санитарной охраны (ЗСО) водоисточников

Опыт убеждает, что, несмотря на существующую систему водоочистки, крайне важно принять меры, исключаяющие значительное загрязнение водоисточников. Для этого устанавливают специальные ЗСО. Под ЗСО понимают специально выделенную территорию вокруг источника, на которой должен соблюдаться установленный режим, с целью охраны водоисточника, водопроводных сооружений и окружающей территории от загрязнения.

По законодательству эта зона делится на 3 пояса:

- Пояс строгого режима;
- Пояс ограничений;
- Пояс наблюдения.

ЗСО поверхностных водоёмов

1-й пояс (пояс строгого режима) - участок, где находятся место забора воды и головные сооружения водопровода. Сюда включается акватория, примыкающая к водозабору на протяжении не менее 200 м вверх по течению и не менее 100 м ниже водозабора. Здесь выставляется военизированная охрана. Запрещаются проживание и временное пребывание посторонних лиц, а также строительство. В границы 1-го пояса небольших поверхностных источников обычно включается противоположный берег полосой 150–200 м. При ширине водоёма менее 100 м в 1-й

пояс входят вся акватория и противоположный берег – 50 м. При ширине более 100 м в 1-й пояс входит полоса акватории до фарватера (до 100 м). При водозаборе из озера или водохранилища в 1-й пояс входит береговая полоса не менее чем 100 м от водозабора во всех направлениях. Акватория 1-го пояса должна быть отмечена бакенами.

2 - й пояс (пояс ограничений) – территория, использование которой для промышленности, сельского хозяйства и строительства или совсем недопустимо, или разрешается на известных условиях. Здесь ограничиваются спуск всех сточных вод и массовое купание.

Для открытых водоисточников протяжённость пояса вверх по течению определяется расстоянием, выше которого поступление загрязнений не отражается на качестве воды в месте забора. Так, верхняя точка этой границы определяется временем, в течение которого поступившие здесь загрязнения при подходе к водозабору ликвидируются в результате самоочистения. Это время установлено в 3–5 суток. Так как процессы самоочистения в зимний период значительно замедляются, то ЗСО 2-го пояса должна быть удалена от водозабора так, чтобы пробег воды от верхней границы зоны до водозабора обеспечил период бактериального самоочистения (не менее 5 суток). Ориентировочно это расстояние для крупных рек составляет вверх по течению 20–30 км, для средних – 30–60 км.

Нижняя граница 2-го пояса устанавливается не менее 250 м от водозабора с учётом ветрового обратного течения.

3-й пояс (пояс наблюдения) – включающий все населённые пункты, имеющие связь с данным источником водоснабжения.

ЗСО для подземных источников

ЗСО подземных источников устанавливаются вокруг водозаборных скважин, так как защищённость водонепроницаемыми породами не всегда надёжна.

Изменение состава подземных вод может иметь место при интенсивном заборе воды из скважины, когда по законам гидро-

динамики вокруг скважины создаются зоны пониженного давления, что может создать подсос воды. Изменение состава подземных вод может быть обусловлено и влиянием внешних поверхностных загрязнений. Однако, его проявления следует ожидать через длительный промежуток времени, т.к. скорость фильтрации обычно не более 0,1 м в сутки.

На территории зоны строгого режима подземного вод источника должны размещаться все головные водопроводные сооружения: скважины и каптажи, насосные установки и оборудование для обработки воды.

Зона ограничения устанавливается с учётом мощности скважины и характера грунта. Эта зона для грунтовых вод устанавливается - радиусом 50 м и площадью 1 га, для межпластовых вод – радиусом 30 м и площадью 0,25 га.

Требования, предъявляемые к качеству воды источника

Гигиенические требования, предъявляемые к качеству воды открытых водоемов, изложены в СанПиНе 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Документ устанавливает гигиенические требования к качеству воды водных объектов для двух категорий водопользования. Первая - когда источник служит для забора воды, для питьевого, хозяйственно-бытового использования и водоснабжения предприятий пищевой промышленности. Второй - для рекреационного водопользования, когда объект используется для купания, занятий спортом и отдыха.

Нормы водопотребления

При расчёте водопотребления необходимо учитывать неравномерность расхода воды как в отдельные часы, так и по сезонам года. На основании степени благоустройства населённого пункта разработаны «Нормы водопотребления» СНиП 2.04.2002-84 (табл. 13).

Таблица 13. Нормы хозяйственного водопотребления
для населённых пунктов

| Степень благоустройства районов жилой застройки | Среднесуточное водопотребление за год на 1 жителя, л/сут |
|---|---|
| Для сельскохозяйственных районов: хозяйственно-питьевых нужд (без учёта расхода воды на поливку) с водопользованием из водозаборных колонок | 30–50 |
| Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн | 125–160 |
| То же с ваннами и местными нагревателями | 160–230 |
| То же с централизованным горячим водоснабжением | 250–350 |

Методические указания по теме:

Определение содержания активного хлора в хлорной извести

Принцип определения активного хлора основан на способности хлора вытеснять йод из раствора йодистого калия.

Выделившийся йод титруют гипосульфитом натрия в присутствии крахмала до исчезновения окраски раствора.

Отвешивают 1 г сухой хлорной извести, растирают в ступке, прибавляя дистиллированную воду до образования кашицы, которую переносят в цилиндр, разводят дистиллированной водой (100 мл) и хорошо перемешивают. Полученный 1%-ный раствор хлорной извести отстаивают и берут 5 мл просветлённого раствора в колбу на 250мл. Туда же приливают 1 мл соляной кислоты (1:3), 5 мл 5% -ного раствора йодистого калия (или несколько кристалликов йодистого калия) , 100 мл дистиллированной воды и титруют 0,01 N раствором гипосульфита натрия, пока интенсивность раствора не уменьшится до слабожёлтого цвета. После этого прибавляют 1 мл 1% р-ра крахмала и заканчивают титро-

вание посиневшего раствора до полного исчезновения окраски. Отмечают общее количество миллилитров гипосульфита натрия, пошедшего на титрование.

Вычисление процента активного хлора проводят с учётом того, что 1 мл 0,01 N р-ра гипосульфита натрия соответствует 0,355 мг активного хлора.

Пример расчёта: Если на титрование 5 мл 1% р-ра хлорной извести пошло 34,2 мл гипосульфита, то 5 мл указанного раствора содержит 0,355 мг X 34,2 = 12,4 мг активного хлора. 1 мл 1% р-ра хлорной извести содержит 12,4 мг: 5 = 2,428 мг или 0,0024 г активного хлора. Поскольку в 1 мл 1% р-ра хлорной извести содержится 0,01 г сухого вещества, то процент активного хлора в сухой хлорной извести рассчитывают из пропорции:

0,01 г сухой извести - 0,0024 г активного хлора

100 г сухой извести - X г активного хлора

следовательно:

$$X = \frac{100 \times 0,0024}{0,01} = 24\%$$

Выбор дозы хлора для нормального хлорирования

При обеззараживании воды нормальными дозами хлора большое значение имеет правильный выбор дозы активного хлора. Для этого берут такое количество хлорной извести, которое способно обеспечить хороший бактерицидный эффект и наличие в воде 0,3 - 0,5 мг/л остаточного хлора после 30 - ти минутного контакта воды с хлором летом и 1 - 2 ч зимой.

Хлорирование по этому методу наиболее приемлемо при централизованном водоснабжении, т.к. небольшие количества остаточного хлора не изменяют органолептические свойства воды (вкус, запах) и не требуют последующего дехлорирования.

Количество миллиграммов активного хлора, поглощаемого органическими веществами в 1 л воды, называют *хлорпоглощаемостью воды*, которая вместе с остаточным хлором составляет *хлорпотребность воды*.

Необходимая доза хлорной извести устанавливается путём опытного хлорирования воды и последующего контрольного определения в ней остаточного хлора.

***Определение рабочей дозы хлорирования воды
(хлорпотребность)***

В колбу наливаем 200 мл воды и добавляем 1 мл 1% р-ра хлорной извести. Оставляем для контакта на 30 мин. Затем для определения оставшегося хлора добавляем 1 мл соляной кислоты, 1 мл р-ра йодистого калия (или несколько кристалликов кристаллического йодистого калия), 1 мл крахмала. При наличии непрореагировавшего хлора и в зависимости от его количества, раствор окрасится в синий цвет различной интенсивности. Титруем 0,01 N раствором гипосульфита натрия или (тиосульфата) до обесцвечивания.

Пример: На титрование израсходовано 3 мл 0,01 N р-ра тиосульфата натрия. Так как 1 мл 0,01 N р-ра тиосульфата натрия связывает 0,355 мг активного хлора, то после контакта осталось:

$$0,355\text{мг} \times 3 = 1,065 \text{ мг активного хлора.}$$

В исследуемую воду мы вводили 1 мл 1% р-ра хлорной извести, в нём было 2,4 мг активного хлора (см. предыдущий пример). Отсюда, в 200 мл воды за 30 мин поглотилось:

$$2,4 \text{ мг} - 1,065 \text{ мг} = 1,335 \text{ мг активного хлора.}$$

В 1 л воды поглотится $1,3 \times 5 = 6,5$ мг (хлорпоглощаемость).

Хлорпотребность складывается их хлорпоглощаемости и остаточного хлора:

$$6,5 + 0,4 = 6,9 \text{ мг}$$

Определение остаточного хлора в водопроводной воде

В колбу, вместимостью 250 мл, наливают 200 мл водопроводной воды (предварительно сливают водопроводную воду в течение 10 мин) и добавляют 1 мл соляной кислоты, 1 мл йодистого калия и 1 мл крахмала, перемешивают и титруют 0,01 N р-ром тиосульфата натрия до исчезновения синей окраски.

Пример: На титрование израсходовано 0,2 мл 0,01 N р-ра тиосульфата натрия

$X = 0,355 \times 0,2 = 0,07$ мг активного хлора,

т.е. 0,07 мг активного хлора содержится в 200 мл воды, а в 1 литре $0,07 \times 5 = 0,35$ мг, что соответствует норме остаточного хлора (0,3-0,5)мг.

Хлорирование воды повышенными дозами (перехлорирование)

Обеззараживание воды повышенными дозами хлора применяется, обычно, в полевых условиях, особенно при неудовлетворительных органолептических свойствах воды или неблагоприятном санитарно-топографическом окружении источника, а также при наличии случаев инфекционных заболеваний в районе.

Доза активного хлора для перехлорирования выбирается так, чтобы заведомо превысить хлорпоглощаемость воды и обеспечить избыточное количество остаточного хлора. Это позволяет сократить время контакта хлора с водой до 10–15 мин летом и до 30 мин зимой. Для перехлорирования сравнительно чистой воды выбирают дозы активного хлора около 5–10 мг/л, для более загрязнённых вод с высокой цветностью низкой прозрачностью используют дозы в 10–20 мг/л, при сильной загрязнённости и неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановке применяются дозы 20–30 мг/л и выше. Обеззараживание воды повышенными дозами хлора обычно производится при помощи хлорной извести, потребное количество которой вычисляется, исходя из намеченной дозы активно-

го хлора и процентного содержания активного хлора в хлорной извести.

Поскольку процентное содержание остаточного хлора при этом способе хлорирования может намного превышать допустимые дозы и вода приобретает неприятный вкус и запах, проводится удаление избытка хлора, т.е. дехлорирование воды. Для дехлорирования обычно применяют 0,01 N раствор гипосульфита или фильтрация воды через активированный уголь. В лабораторных условиях перехлорирование небольших объёмов воды проводится 1% раствором хлорной извести. Нужно для перехлорирования количество миллилитров 1% раствора хлорной извести вычисляют с учётом содержания активного хлора в хлорной извести.

Если 1 мл 1% раствора содержит 2,4 мг активного хлора, то 10,0 мг активного хлора содержится в X мл раствора:

$$X = \frac{10 \times 1}{2,4} = 4,2 \text{ мл } 1\% \text{ раствора хлорной извести на } 1 \text{ л воды.}$$

После внесения нужного количества 1% раствора хлорной извести в пробу воды (1 л) её хорошо перемешивают и через 10 мин проводят пробное дехлорирование гипосульфитом натрия.

Для этого из общего объёма перехлорированной воды (1 л) отливают 100 мл в колбу, туда же приливают 5 мл 5% раствора KI, 1 мл HCL 1 : 3, 1 мл 1% раствора крахмала и титруют 0,01 N раствором гипосульфита натрия до обесцвечивания. Количество гипосульфита, пошедшее на титрование, является необходимым для дехлорирования 100 мл данной воды. Исходя из этой величины, рассчитывают объём гипосульфита, необходимый для дехлорирования оставшегося объёма воды, которая была подвергнута перехлорированию (900 мл), и вливают его в эту воду. Эффект проведенного перехлорирования проверяют органолептически по наличию или отсутствию запаха хлора.

Методические указания по теме:

Очистка питьевой воды (выбор дозы коагулянта):

Задание для самостоятельной работы

- Определите устранимую жёсткость воды.
- Определите дозы коагулянта.
- Проверьте правильность выбранной дозы коагулянта.
- Заключение о полученных результатах.

При очистке воды путём коагулирования требуется прежде всего выбрать дозу коагулянта. При недостаточном количестве взятого коагулянта образуется мало хлопьев и не получается хорошего осветления воды, при избытке же его последний остаётся не разложенным бикарбонатом кальция и магния, и вода приобретает кислый вкус. Доза коагулянта устанавливается опытным путём. Перед коагулированием нужно прежде всего определить устранимую жёсткость, так как от неё зависит скорость протекания реакции. Если устранимая жёсткость менее 2 мг экв/л, то для улучшения хлопьеобразования к воде прибавляют 1% раствор соды в количестве, равном половине дозы коагулянта.

Установлена прямая зависимость между дозой коагулянта и устранимой жесткостью воды, а именно, максимальная доза коагулянта приблизительно равна произведению устранимой жёсткости в мг – экв на 2,2. Эта зависимость наглядно видна в таблице 143.

Таблица 14. Доза когулянта в зависимости от устранимой жёсткости воды

| Карбонатная (устранимая) жёсткость | Потребное количество 1% р-ра сернокислого алюминия на 200 мл воды |
|---|--|
| 1 | 2,3 |
| 2 | 4,5 |
| 3 | 6,8 |

| | |
|----|------|
| 4 | 9,0 |
| 5 | 11,3 |
| 6 | 13,6 |
| 7 | 15,9 |
| 8 | 18,0 |
| 9 | 20,3 |
| 10 | 23,3 |

Выбор дозы коагулянта складывается из следующих этапов:

- Определение устранимой жёсткости.
- Определение дозы коагулянта.
- Проверка правильности выбранной дозы.

Определение устранимой жёсткости

В колбу наливают 100 мл исследуемой воды и добавляют 2 капли метилоранжа, затем титруют 0,1 N раствором соляной кислоты до розового цвета. Число мл кислоты, затраченной на титрование, даст устранимую жёсткость в мг-экв/л.

Определение дозы коагулянта

По таблице определяют, сколько мл 1% раствора сернокислого алюминия требуется для коагуляции 200 мл воды.

Проверка правильности выбора дозы

В 3 стакана наливают по 200 мл исследуемой воды и при помощи пипетки добавляют нужное количество сернокислого алюминия, во второй стакан соответственно таблице 13, в первый – на 1 мл меньше, чем во второй, а в третий - на 1 мл больше, чем во второй. Например: если определили устранимую

жѐсткость в 5 мг-экв/л, то нужно налить в 1 стакан 10,3 мл, во второй – 11,3 мл, и в третий – 12,3 мл реактива. Содержимое стаканов перемешивают стеклянной палочкой и наблюдают скорость реакции образования хлопьев.

Удовлетворительной дозой коагулянта считается та, при которой максимальное образование хлопьев происходит через 10 мин. Если образование хлопьев идет слишком быстро во всех 3-х стаканах, то нужно сделать опыт с несколько уменьшенными дозами коагулянта. Если образование хлопьев задерживается, то к воде нужно прибавить 1% р-р соды в количестве, наполовину меньшем, чем взято коагулянта.

Пример расчѐта необходимого количества коагулянта:

если лучше всего коагуляция прошла во втором стакане, куда на 200 мл воды внесено 11,3 мл 1% р-ра сернокислого алюминия, то на 1 л воды потребуется: $11,3 \times 5 = 56,5$ мл.

Перерасчѐт на сухое вещество:

в 1 мл 1% р-ра сернокислого алюминия – 0,01 г вещества;

в 56,5 мл 1% р-ра сернокислого алюминия – X г вещества

$X = 0,01 \times 56,5 = 0,56$ г.

в 1 мл 1% р-ра сернокислого алюминия – 0,01 г в-ва

в 56 – X г

X =

Заключение о полученных результатах

ТЕСТЫ ПО ПРОЙДЕННОМУ МАТЕРИАЛУ

1. Через воду могут передаваться:

- а) брюшной тиф
- б) сыпной тиф
- в) туляремия
- г) гепатит А
- д) гепатит В

2. Источники антропогенного загрязнения поверхностных водоемов:

- а) бытовые сточные воды
- б) промышленные стоки
- в) ливневые стоки
- г) геохимический состав почвы
- д) судоходство

3. Воды поверхностных водоемов отличаются от межпластовых вод

- а) большей минерализованностью
- б) большим содержанием кислорода
- в) большей бактериальной обсемененностью
- г) более стабильным химическим составом
- д) большей склонностью к «цветению»

4. Питьевая вода должна:

- а) иметь благоприятные органолептические свойства
- б) не содержать солей
- в) быть безвредной по химическому составу
- г) быть безопасной в эпидемическом отношении
- д) быть безопасной в радиационном отношении

5. Методы обеззараживания воды:

- а) коагуляция
- б) хлорирование
- в) фторирование
- г) озонирование
- д) обработка ультрафиолетовыми лучами

6. Профилактика заболевания водного происхождения включает:

- а) рациональный выбор источника водоснабжения
- б) создание зон санитарной охраны
- в) стандартизацию качества воды и соблюдение гигиенических нормативов
- г) эффективную обработку воды на водопроводных станциях
- д) использование в качестве источников воды только межпластовых вод

7. Особенности солевого состава воды являются фактором риска по:

- а) дизентерии
- б) диабету
- в) мочекаменной болезни
- г) гипертонической болезни
- д) гепатиту А

8. К пресным относятся воды с уровнем общей минерализации:

- а) 300 мг/дм³
- б) 500 мг/дм³
- в) 1000 мг/дм³
- г) 1500 мг/дм³
- д) 2000 мг/дм³

9. Минеральный состав воды может быть основной причиной:

- а) водной лихорадки
- б) судорожной болезни
- в) флюороза
- г) эндемического зоба
- д) кариеса

10. Жесткость питьевой воды обусловлена содержанием в ней:

- а) хлоридов
- б) сульфатов
- в) солей кальция и магния
- г) нитратов
- д) магния

11. Воду, имеющую показатель жесткости от 3,5 до 7 мг·экв/л, называют:

- а) мягкой
- б) средней жесткости
- в) жесткой
- г) очень жесткой
- д) нормальной жесткости

12. К геохимическим эндемическим заболеваниям водного происхождения относится:

- а) бруцеллез
- б) флюороз
- в) дизентерия
- г) гепатит А
- д) брюшной тиф

13. Наиболее распространённый метод обеззараживания воды при централизованном водоснабжении:

- а) двойное хлорирование
- б) гиперхлорирование
- в) хлорирование по хлорпотребности
- г) супер хлорирование
- д) хлорирование с преамонизацией

14. Первый пояс санитарной охраны поверхностного вод источника составляет вверх по течению реки (м):

- а) 200
- б) 400
- в) 1000
- г) 100
- д) 500

15. Дебит водоисточника – это:

- а) глубина залегания водоносного горизонта
- б) запасы воды водоисточника
- в) количество воды, даваемое источником в единицу времени
- г) место водозабора
- д) подземные водоисточники

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. *Румянцева Г.И.* Общая гигиена – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2005. – 608 с.
2. *Кича Д.И., Дрожжина Н.А., Фомина А.В.* Общая гигиена, руководство к лабораторным занятиям. – М., «ГЭОТАР – Медиа», 2009.
3. *Гурова А.И., Горлова О.Е.* Практикум по общей гигиене. – М., 1991.
4. *Румянцев Г.И., Вишневская Е.П., Козлова Т.А.* Общая гигиена – М., Медицина, 1985.
5. *Минх А.А.* Общая гигиена. – М., Медицина, 1984.
6. *Габович Р.Д., Познанский С.С., Шахбазян Г.Х.,* Гигиена. Высшая школа, 1983.
7. *Румянцев Г.И., Козлова Т.А., Вишневская Е.П.* Руководство к лабораторным занятиям по общей гигиене. – М., 1980.
8. *Пивоваров Ю.П., Гоева О.Э., Величко А.А.* Руководство к лабораторным занятиям по гигиене. – М., Медицина, 1983.

Дополнительная литература:

9. *Полякова А.Н., Стародумов В.Л., Денисова Н.Б.* Общая гигиена, санология и экология. – М., 2008.
10. *Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С.* Гигиена и основы экологии человека. – М., АКАДЕМИА, 2004.
11. Руководство по контролю качества питьевой воды – ВОЗ – М., Медицина, 1986. Т.1. – М., Медицина, 1987, Т.2.
12. *Акулов К.И., Бутушева К.А.* Коммунальная гигиена. – М., Медицина, 1986.
13. *Гочарук Е.И.* Реководство к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене. – М., Медицина, 1982.
14. *Габович Р.Д., Минх А.А.* Гигиенические проблемы фторирования питьевой воды. – М., Медицина, 1978.
15. *Черкинский С.Н.* Санитарные условия спуска сточных вод в водоёмы. – М., Стройиздат, 1978.
16. *Черкинский С.Н.* Руководство по гигиене водоснабжения. – М., Медицина, 1975.
17. СанПиН 2.1.4.1074 - 01; СанПиН 2.1.4.1075 -02.
18. СНиП 2.04.2002-84.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Тема № 1. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ | 3 |
| Тема № 2. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ..... | 31 |
| Тема №3. МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ. САНИТАРНАЯ ОЧИСТКА. ЗОНЫ САНИТАРНОЙ ОХРАНЫ | 39 |
| ТЕСТЫ ПО ПРОЙДЕННОМУ МАТЕРИАЛУ | 58 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 62 |

Мээрим Руслановна Ажиматова

ГИГИЕНА ВОДЫ И ВОДОСНАБЖЕНИЯ
Учебно-методическое пособие

Компьютерная верстка *Г. Н. Кирпа*

Подписано в печать 26.01.2023.
Формат 60x84¹/₁₆. Печать офсетная.
Объем 4,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 103

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Анкара, д. 2а