

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ГИГИЕНЫ

Е. И. ЦИМБЕРОВА, Н. В. РЯБОВА

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Учебно-методическое пособие

2-е издание



Минск БГМУ 2020

УДК 613.34(075.8)
ББК 51.2я73
Ц61

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве
учебно-методического пособия 20.11.2019 г., протокол № 3

Рецензенты: канд. мед. наук, доц., зав. каф. гигиены труда И. П. Семёнов;
канд. мед. наук, проф. каф. военной эпидемиологии и военной гигиены В. И. Дорошевич

Цимберова, Е. И.
Ц61 Гигиеническая оценка качества питьевой воды : учебно-методическое пособие / Е. И. Цимберова, Н. В. Рябова. – 2-е изд. – Минск : БГМУ, 2020. – 34 с.
ISBN 978-985-21-0477-7.

Изложены современные научные данные о роли воды в жизнедеятельности человека, требования к качеству питьевой воды, методика отбора проб воды для проведения различных исследований, а также методы улучшения качества воды. Первое издание вышло в 2018 году.

Предназначено для студентов 3-го курса лечебного, педиатрического, фармацевтического, военно-медицинского факультетов, медицинского факультета иностранных учащихся, а также для студентов 2-го курса медико-профилактического, стоматологического факультетов.

УДК 613.34(075.8)
ББК 51.2я73

ISBN 978-985-21-0477-7

© Цимберова Е. И., Рябова Н. В., 2020
© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2020

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Общее время занятий:

- 6 ч — для студентов фармацевтического факультета;
- 4 ч — для студентов лечебного и стоматологического факультетов, медицинского факультета иностранных учащихся;
- 7 ч — для студентов педиатрического факультета;
- 9 ч — для студентов военно-медицинского факультета;
- 24 ч — для студентов медико-профилактического факультета.

Обеспечение населения питьевой водой надлежащего качества является одним из приоритетных направлений деятельности санитарно-эпидемиологической службы. По данным ВОЗ (2016 г.) загрязненная питьевая вода является причиной более 500 000 случаев смерти от диареи ежегодно. Врачи, независимо от профиля, должны знать, какова роль воды в передаче инфекционных и неинфекционных заболеваний, а также какие требования предъявляют к качеству питьевой воды.

Задачи занятия:

1. Ознакомиться с ролью воды в передаче инфекционных и неинфекционных заболеваний.
2. Изучить требования к качеству питьевой воды.
3. Ознакомиться с методами улучшения качества воды.
2. Освоить решение ситуационных задач.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного освоения темы необходимо повторить материал:

- из *биологии*: паразиты и простейшие, способные попадать в организм вместе с водой;
- *микробиологии*: патогенные бактерии и вирусы, распространяющиеся через воду;
- *физиологии*: физиологическая роль воды в организме;
- *химии*: механизм бактерицидного действия хлора и механизм действия коагулянтов.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Физиологическое значение воды.
2. Вода как фактор передачи инфекционных заболеваний.
3. Вода как фактор передачи неинфекционных заболеваний.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Физиологическое, санитарно-гигиеническое, эпидемическое значение воды.
2. Источники питьевой воды в Республике Беларусь.
3. Системы хозяйственно-питьевого водоснабжения.
4. Требования, предъявляемые к качеству питьевой воды.
5. Косвенные признаки органического загрязнения воды.
6. Заболевания, связанные с химическим составом воды.

7. Методы улучшения качества воды.
8. Осветление и обесцвечивание воды.
9. Химические методы обеззараживания.
10. Хлорирование: достоинства и недостатки, механизм бактерицидного действия хлора, хлорпотребность и хлорпоглощаемость.
11. Озонирование: достоинства и недостатки метода.
12. Физические методы обеззараживания воды.
13. Специальные методы обработки воды.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ, САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ, ЭПИДЕМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ

Вода питьевая — вода, которая по органолептическим свойствам, микробиологическому и химическому составу соответствует действующим санитарным нормам и правилам и безопасна для жизни и здоровья человека.

Вода в жизни человека имеет очень важное значение: физиологическое, санитарно-гигиеническое, эпидемическое, народно-хозяйственное, рекреационное и эстетическое.

Физиологическое значение воды. Вода и растворенные в ней вещества создают внутреннюю среду организма, осуществляют транспортную, структурную, регуляторную функции, участвуют в терморегуляции. Множество процессов в организме происходит в присутствии воды (пищеварение, обмен веществ).

Санитарно-гигиеническое значение воды. Использование воды в достаточном количестве способствует соблюдению элементарной личной гигиены (уход за телом, поддержание в чистоте предметов обихода и т. д.), вода необходима для приготовления пищи и мытья посуды, для поддержания чистоты жилищ и общественных зданий, удаления хозяйственно-бытовых отходов, поливки улиц и зеленых насаждений. Естественные водоемы широко используются в оздоровительных целях для купания, закаливания, занятий спортом. Вместе с тем вода остается и важным лечебным фактором: хороший эффект дают разнообразные физиотерапевтические водные процедуры, а бальнеология использует целебные свойства минеральных вод и грязей.

Эпидемическое значение воды. Вода может быть фактором передачи для множества вирусных, бактериальных, протозойных и паразитарных заболеваний. Например, водным путем передаются холера, брюшной тиф, гепатит А, дизентерия, сальмонеллез, лептоспироз, лямблиоз, фасциоз, гименолепидоз и др.

ИСТОЧНИКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Источниками воды для системы хозяйственного питьевого водоснабжения могут быть запасы подземных вод, поверхностные водные объекты и атмосферные воды.

Подземные воды образуются из осадков, фильтрующихся через толщу почвы и задерживающихся над водоупорным горизонтом, состоящим из глины или гранита.

По условиям залегания подземные воды бывают:

1. *Грунтовыми*, которые скапливаются над первым от поверхности водоупорным горизонтом. Глубина залегания колеблется от 1–2 до нескольких десятков метров. Подвержены сезонным колебаниям уровня стояния вод, дебита, химического и бактериального состава, используются только в децентрализованном водоснабжении.

2. *Межпластовыми безнапорными*, которые располагаются глубоко между двумя водоупорными слоями, но не достигают водонепроницаемой кровли, более защищены от поверхностного загрязнения и могут использоваться для организации как местного, так и централизованного водоснабжения.

3. *Межпластовыми напорными*, или *артезианскими*, которые насыщают полностью водоносный горизонт, достигая водонепроницаемой кровли, и поэтому находятся под напором. Они залегают на глубине до нескольких сотен метров. Через пробуренную скважину или вследствие геологических процессов в земной коре сами вытекают на поверхность в виде родников. Эта вода отличается чистотой, прозрачностью, низкой температурой, хорошим вкусом и почти полным отсутствием в ней микроорганизмов. Такие воды могут использоваться в хозяйственно-питьевом водоснабжении даже без предварительной очистки.

Поверхностные источники — реки, озера, водохранилища. Общими свойствами воды из поверхностных источников являются колебание уровня и химического состава в зависимости от сезона года, высокий уровень микробного загрязнения, чрезмерное развитие микроскопических водорослей, большое количество взвешенных частиц, повышенная мутность, низкая минерализация.

Каждый водоем — это сложная живая система, где обитают растения, специфические организмы, в том числе и микроорганизмы, которые постоянно размножаются и отмирают, что обеспечивает самоочищение водоемов. Факторы самоочищения водоемов многочисленны и многообразны. Условно их можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

Физические факторы — это разбавление, растворение и перемешивание поступающих загрязнений, осаждение в воде нерастворимых осадков, в том числе и микроорганизмов. Понижение температуры воды сдер-

живает процесс самоочищения, а ультрафиолетовое излучение и повышение температуры воды ускоряют этот процесс.

Из химических и биохимических факторов самоочищения следует отметить окисление органических и неорганических веществ. Часто оценку самоочищения водоема дают по биохимической потребности в кислороде (БПК) и по конкретным соединениям в воде — углеводородам, смолам, фенолам и др. Санитарный режим водоема характеризуется, прежде всего, количеством растворенного в нем кислорода, содержание которого должно быть не менее 4 мг/л в любой период года.

К биологическим факторам самоочищения водоемов относится биохимическое превращение органических веществ бактериями, водорослями, плесневыми и дрожжевыми грибами. Кроме них самоочищению способствуют и представители животного мира: моллюски, некоторые виды амёб.

Самоочищение загрязненной воды сопровождается улучшением ее органолептических свойств и освобождением от патогенных микроорганизмов.

Скорость самоочищения зависит от степени загрязнения воды, сезона года. При небольшом загрязнении вода в основном самоочищается за 3–4 сут.

Отрицательное влияние на процесс самоочищения оказывает загрязнение водоема в больших количествах химическими веществами (азот, фосфор), ароматическими углеводородами и нефтепродуктами. Самоочищение воды от нефти растягивается на длительное время (месяцы, а на реках с малым током даже на годы).

Одним из косвенных показателей загрязнения воды открытых водоемов является сапробность. Все организмы, обитающие в водоемах, делятся на полисапробные, альфа- и бета-мезосапробные и олигосапробные. Сапробность — это комплекс морфофизиологических свойств организмов, позволяющих им функционировать и развиваться в водной среде той или иной степени загрязнения. Исходя из видового состава обитателей водоемов, водные источники можно разделить на зоны: полисапробную, альфа-мезосапробную, бета-мезосапробную и олигосапробную.

В воде полисапробной зоны имеются большое органическое загрязнение, малое содержание или отсутствие кислорода, есть продукты распада белков (сульфаты, фосфаты, сероводород, аммиак и др.). В воде этой зоны много гетеротрофных анаэробных микроорганизмов, сапрофитных бактерий. Водных цветковых растений практически нет. Вода таких водоемов может гнить.

В воде альфа-мезосапробной зоны уже происходят аэробные процессы окисления органических веществ. Появляются соли аммония, свидетельствующие о начальных стадиях аэробного распада белка. Наряду с анаэробными организмами появляются сине-зеленые водоросли и другая аэробная флора и фауна. Водных цветковых растений мало. Однако такие воды еще не способны к заметному самоочищению.

В бета-мезосапробной зоне кислорода значительно больше, процессы аэробного окисления более выражены. Появляются инфузории, ракообразные, рыбы. Число бактерий уменьшается и составляет несколько десятков тысяч в 1 см³. Водных цветковых растений мало. Вода этой зоны способна к постепенному аэробному самоочищению.

Олигосапробная зона — зона чистой воды и аэробных биоценозов. Здесь развиваются аутоотрофные микроорганизмы, присутствуют продукты полного окисления белков — нитраты, практически нет углекислоты и сероводорода. В воде олигосапробной зоны можно определить в основном аэробные микроорганизмы многих видов в количестве нескольких сотен в 1 см³. В большом количестве выявляются олигосапробы — цветковые растения и водоросли, высшие ракообразные и рыбы (речной рак, стерлядь, лосось, осетровые). Много водных цветковых растений. Водоемы полностью самоочищаются.

Для обеспечения населения водой применяются два вида водоснабжения — *местное (децентрализованное)* и *централизованное*. При местном водоснабжении вода забирается непосредственно из водоисточника (колодца, родника). Колодцы бывают 2 видов:

1. Шахтные колодцы представляют собой вырытую в земле вертикальную шахту, нижняя часть которой врезается в горизонт грунтовых вод, а стенки оборудованы достаточно водонепроницаемым креплением. Шахтные колодцы должны состоять из оголовка (сруба), ствола (шахты), водоприемной части. Оголовок должен иметь высоту не менее 70 см, по периметру — водонепроницаемый «замок», закрываться водонепроницаемой крышкой. Стенки шахты шахтного колодца должны быть плотными, изолирующими этот колодец от проникновения поверхностного стока.

2. Трубчатые колодцы должны состоять из оголовка, обсадной трубы (труб различного диаметра), насоса и фильтра. Оголовок трубчатого колодца должен выступать над поверхностью земли не менее чем на 1 м, быть герметично закрыт, иметь кожух и сливную трубу, снабженную крючком для подвешивания ведра. Вокруг оголовка трубчатого колодца должны быть выполнены отмостка и «замок».

Каптажи родников (ключей) должны иметь горловину с люком и крышкой, быть помещены в специальные наземные сооружения, оборудоваться водозаборной и переливной трубами, а также спускной и вентиляционной трубами, разделяться переливной стенкой на два отделения (для отстаивания воды с последующей очисткой от осадка и для забора осветленной воды). Со стороны потока воды оборудуется обратный фильтр.

Качество воды в нецентрализованных системах водоснабжения регламентируется санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения».

При централизованном водоснабжении (водопровод) воду забирают из водоисточников механическим путем и по сети труб доставляют под давлением к месту потребления (рис. 1, 2).

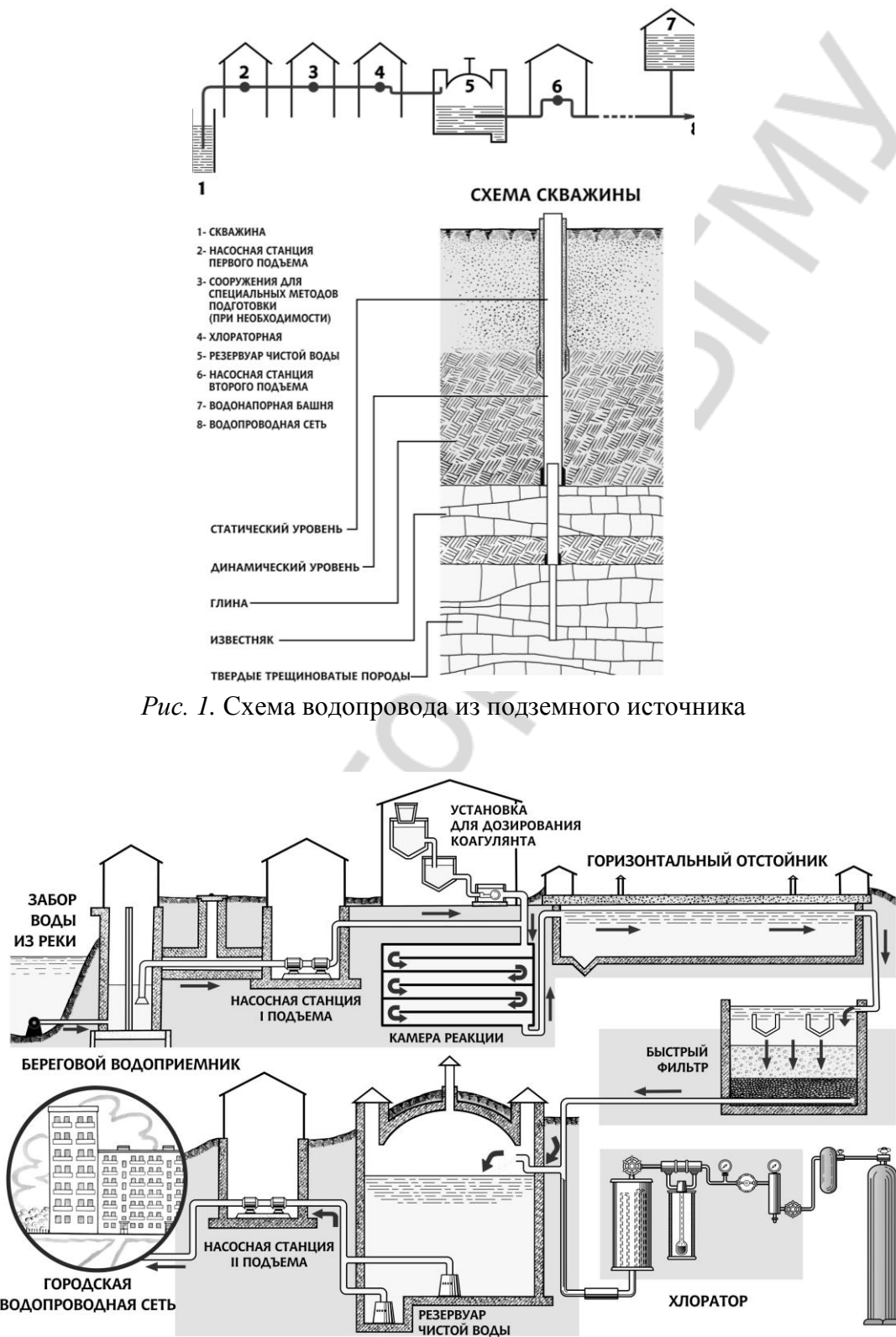


Рис. 1. Схема водопровода из подземного источника

Рис. 2. Схема водопровода из поверхностного источника

Централизованное водоснабжение преобладает в городах и городских поселках. Качество воды при такой системе регламентируется санитарными правилами и нормами «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Пригодность источника для хозяйственно-питьевого водоснабжения устанавливается на основе:

- санитарно-гигиенической экспертизы источника водоснабжения (условий залегания подземных вод, прилегающей территории выше и ниже водозабора по течению поверхностного источника) и места размещения водозаборных сооружений;

- оценки качества и количества воды источника водоснабжения;

- прогноза санитарного состояния источников.

ОТБОР ПРОБ ВОДЫ

Место и время отбора пробы определяют в зависимости от цели анализа в следующих точках:

- перед поступлением воды в распределительную сеть;
- наиболее удаленных от насосной станции;
- на возвышенных и тупиковых участках сети;
- в точках, в которых качество воды вызывает сомнение.

При отборе проб в одной и той же точке для различных целей первыми отбирают пробы для бактериологического анализа.

ОТБОР ПРОБ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Пробу отбирают непосредственно из крана. Вода должна свободно вытекать и заполнять емкость для отбора проб струей. Для предотвращения вторичного загрязнения пробы воды кран предварительно очищают и дезинфицируют путем обжига горящим тампоном, смоченным раствором 96%-го этилового спирта. Перед отбором проб воду сливают не менее 10 мин при полностью открытом кране.

Для отбора проб используют стеклянные емкости вместимостью не менее 500 мл с плотно закрывающимися пробками на шлифе или с завинчивающимися крышками (стеклянными, силиконовыми), выдерживающими стерилизацию. Горловина емкости должна быть защищена защитным колпачком из алюминиевой фольги или плотной бумаги. Стерилизацию емкостей проводят в соответствии с требованиями. Срок хранения стерильной посуды — не более 10 сут. Допускается использовать одноразовые стерильные емкости. Пробу отбирают в емкости с соблюдением стерильности. Емкость открывают непосредственно перед отбором пробы, удаляя пробку вместе со

стерильным колпачком. Во время отбора пробы следует избегать загрязнения горловины емкости и пробки. Ополаскивать емкости не допускается.

После наполнения емкость закрывают стерильной пробкой и колпачком. При заполнении емкостей должно оставаться пространство между пробкой и поверхностью воды, чтобы пробка не смачивалась при транспортировании. Анализ проб в лаборатории необходимо провести как можно быстрее от момента отбора.

Транспортируют пробы в контейнерах-холодильниках при температуре 4–10 °С. В холодный период года контейнеры должны быть снабжены термоизолирующими прокладками, обеспечивающими предохранение проб от замерзания. При соблюдении указанных условий продолжительность от момента отбора проб до начала испытаний не должна превышать 6 ч. Если пробы нельзя охладить, их анализ следует провести в течение 2 ч после отбора.

В акте отбора проб должны быть указаны следующие сведения:

- цель;
- расположение и наименование места отбора проб;
- дата отбора проб;
- время (начало и окончание) отбора проб;
- климатические условия окружающей среды на месте отбора проб (при необходимости);
- стадия обработки воды (если отбор проводят для контроля стадий водоподготовки);
- определения, выполненные на месте отбора пробы;
- способ консервации (при необходимости);
- особенности отбора и хранения пробы;
- оборудование, используемое для отбора проб;
- материал емкости для отбора проб;
- должность, ФИО лица, отобравшего пробу, и его подпись.

ОТБОР ПРОБ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО И РАДИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Пробы отбирают в емкости, изготовленные из химически стойкого стекла с притертыми пробками или из полимерных материалов, разрешенных для контакта с водой. Допускается использовать корковые или полиэтиленовые пробки. Пробы, предназначенные для определения содержания органических веществ в воде, отбирают только в стеклянные емкости.

Емкости для отбора проб, если они не содержат консервантов или не являются одноразовыми, не менее двух раз ополаскивают водой, подлежащей анализу, и заполняют ею емкость до верха. При отборе проб, подлежащих хранению, перед закрытием емкости пробкой верхний слой воды сливают так, чтобы под пробкой оставался слой воздуха и при транспортировании пробка не смачивалась.

Для определения в пробе кислорода или других растворенных газов при отборе проб необходимо использовать шланг, прикрепленный к крану или выходному отверстию насоса и достигающий дна емкости с пробой, чтобы избежать контакта пробы воды с атмосферным воздухом. Вода должна медленно течь в емкость через шланг.

Вода должна быть подвергнута анализу в день отбора пробы. Если это невозможно, отобранную пробу охлаждают и (или) консервируют.

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ

Требования к качеству воды можно разделить на три группы:

- благоприятные органолептические свойства;
- безвредность по химическому составу;
- безопасность в эпидемическом и радиационном отношении.

При оценке органолептических свойств воды определяют прозрачность, цветность, вкус, запах — показатели, которые в первую очередь могут настораживать потребителя.

Прозрачность. Питьевая вода должна быть прозрачной, что зависит от содержания в ней взвешенных механических частиц и химических примесей. В норме прозрачность воды должна быть не менее 30 см, т. е. через столб воды такой высоты должен быть виден шрифт определенного размера (шрифт Снеллена № 1). Также качество воды можно определить по величине обратной прозрачности — мутности. Мутная вода неаппетитна и подозрительна в эпидемическом отношении, т. к. в такой воде создаются лучшие условия для выживания микроорганизмов.

Цветность. Цветность питьевой воды обычно обусловлена присутствием окрашенного органического вещества (главным образом гуминовых и фульвовых кислот, связанных с гумусом почвы). На цветность воды также оказывает влияние наличие железа и других металлов. Она бывает также обусловлена загрязнением водоисточника промышленными стоками и может служить первым признаком возникновения опасной ситуации. Цветность является косвенным показателем количества содержащихся в воде растворенных органических веществ. Измерение цветности природных вод необходимо для правильного выбора технологии водоподготовки. Цветность воды определяется сравнением с растворами специально приготовленной шкалы цветности и выражается в градусах цветности этой шкалы.

Запах. Вода не должна иметь запаха. Некоторые запахи служат показателями загрязнения животными отбросами (рыбный) или промышленными сточными водами (аптечный, фенольный). При избыточном хлорировании определяется запах хлора. Запах оценивают по его интенсивности в баллах при температуре 20 и 60 °С.

Вкус. Вкус воды зависит от минерального состава, температуры и растворенных в ней кислорода и углекислого газа. Избыточное содержание солей железа придает воде вяжущий вкус, хлоридов и сульфатов магния — горький, соли тяжелых металлов придают воде металлический вяжущий привкус. Характер вкуса оценивают терминами: сладкий, горький, кислый и соленый, а интенсивность — в баллах при температуре 20 °С.

Температура. Температура воды имеет физиологическое значение. Наиболее благоприятной считается температура 7–12 °С. В этих пределах она хорошо утоляет жажду, вызывает усиление секреции слюнных и желудочных желез, охлаждает слизистые оболочки полости рта и глотки. Кроме того, гигиеническое значение температуры заключается в ее влиянии на процессы осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды.

Гигиенические требования к органолептическим показателям воды представлены в табл. 1.

Таблица 1

Органолептические показатели качества воды

Показатели	Единицы измерения	Гигиенический норматив для децентрализованных систем водоснабжения	Гигиенический норматив для централизованных систем водоснабжения
Запах	Баллы	Не более 3	2
Привкус	Баллы	Не более 3	2
Цветность	Градусы	Не более 30	20
Прозрачность	Сантиметры	—	Не менее 30
Мутность	мг/дм ³	2,6–3,5	2,6

Результаты химических исследований имеют чрезвычайно важное значение при оценке пригодности к употреблению воды из того или иного источника. Химический состав воды зависит как от природных особенностей конкретных территорий, так и хозяйственной деятельности человека.

Реакция воды. Питьевая вода должна иметь слабощелочную реакцию среды. Благодаря наличию буферного резерва воды и определенным механизмам гомеостаза организма, колебания рН за пределами гигиенического норматива не скажутся на состоянии здоровья человека. Однако существенное внезапное изменение рН воды из одного источника может являться признаком его загрязнения. Сильнокислая реакция среды менее 4 единиц обусловлена наличием гуминовых веществ или попаданием промышленных сточных вод, а сильнощелочная — цветением водоемов.

Общая минерализация (сухой остаток). Общая минерализация — это количество минеральных веществ, растворенных в воде. В питьевой воде должно содержаться не более 1000–1500 мг/л солей. Более высокие, неоправданные геологическими особенностями величины дают основания предполагать загрязнение воды посторонними примесями.

Жесткость. Жесткость воды — совокупность свойств воды, обусловленная наличием в ней преимущественно солей кальция и, в меньшей степени, магния. Различают временную (устраняемую), постоянную и общую жесткость воды. Первая связана с присутствием в воде гидрокарбонатов, вторая — других солей. Временная жесткость воды — это жесткость, которая устраняется кипячением. Постоянная — это жесткость воды после кипячения в течение часа, она устраняется умягчением воды (добавлением гашеной извести, соды, применением катионитов и др.). Общей жесткостью называют жесткость некипяченой воды.

Очень жесткая вода, если в ней содержится высокое количество сульфата магния и присутствует сульфат натрия, реже калия, способна вызвать послабляющее действие, особенно у привыкшего к мягкой воде человека. Имеются наблюдения, что длительное употребление очень жесткой воды предрасполагает к мочекаменной болезни, а низкая жесткость воды может способствовать развитию сердечно-сосудистых заболеваний.

Косвенное влияние жесткой воды заключается в худшем усвоении пищи. В жесткой воде плохо развариваются мясо и овощи, так как белки образуют со щелочами нерастворимые соединения, бобовые при варке становятся твердыми, теряют вкус. В такой воде плохо мылится мыло, увеличивается его расход, мало образуется пены. При мытье в жесткой воде на поверхности кожи образуются нерастворимые соединения со щелочными альбуминами и жирными кислотами.

Жесткая вода непригодна для технических целей. В текстильной промышленности затрудняется процесс обработки тканей. При дублении кожи наблюдается повышенный расход реагентов. Особенно непригодна такая вода для титанов и котлов, т. к. образуется большое количество накипи, что ведет к повышенному расходу топлива и создает опасность взрыва.

Окисляемость. Окисляемость — это количество кислорода, которое расходуется на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды. Повышение окисляемости воды сверх гигиенических нормативов косвенно указывает на органическое загрязнение водоисточника.

Азотистые соединения. Важным показателем загрязнения воды органическими веществами животного происхождения являются соли аммония, азотистой и азотной кислот. Аммиак представляет собой начальный продукт гниения и в дальнейшем минерализуется до нитратов. Повышение концентрации катионов NH_4^+ свидетельствует о свежем загрязнении, а анионов NO_2^- и NO_3^- — об относительной давности загрязнения. Также аммонийные соли могут встречаться в подземной воде как результат внесения селитры в почву в качестве удобрения. Нитраты и нитриты оказывают различное действие на организм человека: повышают уровень метгемоглобина (гемическая гипоксия), вызывают нарушение функционирования

ния ферментных систем, влияют на сердечно-сосудистую, эндокринную, иммунную системы, ЦНС, оказывают канцерогенное действие.

Хлориды. Также могут служить индикатором загрязнения воды органическими веществами животного происхождения (продуктами жизнедеятельности человека и животных) хлориды, т. к. содержатся в выделениях человека и животных и в хозяйственно-бытовых сточных водах. Также они в большом количестве могут содержаться в воде из мест с солончаковой почвой.

Сульфаты. Превышение содержания сульфатов в воде может служить признаком загрязнения воды органическими веществами. Сера является составным элементом белков, которые при разложении и последующем окислении превращаются в сульфаты.

Фосфаты. В чистой воде обычно не встречаются, наличие их свидетельствует о сильном загрязнении разлагающимися органическими веществами или промышленными сточными водами.

Железо. Повышенный уровень содержания железа в воде сказывается на органолептических свойствах (цветность, прозрачность, вкус), а также создает благоприятную среду для развития болезнетворных бактерий в водопроводных трубах.

Марганец. Всасывание марганца, поступающего с водой, незначительно, однако превышение концентрации этого микроэлемента ухудшает вкус и цвет воды.

Фтор. Содержание фтора в природных водах колеблется в пределах от 0,01 до 50 мг/л. Меньше фтора содержится в поверхностных водоемах, больше, соответственно, в подземных источниках. Изменение содержания фтора в питьевой воде оказывает большое влияние на состояние твердых тканей — костей и зубов. Пониженное содержание этого микроэлемента (менее 0,5 мг/л) приводит к кариесу зубов, а повышенное (более 1,5 мг/л) вызывает флюороз — пятнистость, крапчатость и эрозию эмали. В тяжелых случаях возможна гипоплазия эмали и почти полное разрушение зубов. Для профилактики кариеса содержание фтора в питьевой воде должно составлять примерно 0,5–1,2 мг/л.

Гигиенические требования к химическому составу воды представлены в табл. 2.

Питьевая вода может быть одним из основных факторов передачи различных инфекционных заболеваний, отсюда вытекает важнейшая задача гигиены водоснабжения — обеспечение населения доброкачественной водой в достаточном количестве. По данным ВОЗ, ежегодно в мире из-за низкого качества воды умирает около 5 млн человек. Патогенные микроорганизмы могут сохраняться в воде определенное время, например: брюшнотифозная палочка сохраняет жизнеспособность в течение 2 недель, холерный вибрион — до 1–2 недель. Водным путем могут передаваться острые кишечные инфекции (дизентерия, энтериты, энтероколиты, брюшной тиф, паратифы А и Б,

холера), вирусные инфекции (гепатиты А и Е, полиомиелит, адено-, рота-, энтеровирусные инфекции), бактериальные зоонозы (туляремия, лептоспирозы, бруцеллез), протозойные инфекции (амебная дизентерия, балантидиоз, лямблиоз), глистные инвазии (био- и геогельминтозы).

Таблица 2

Химические показатели качества воды

Показатели	Единицы измерения	Гигиенический норматив для децентрализованных систем водоснабжения	Гигиенический норматив для централизованных систем водоснабжения
Водородный показатель	Единицы рН	6–9	6–9
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	Не более 10	До 7
Нитраты (NO ₃)	мг/дм ³	Не более 45	45
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	Не более 1500	1000
Окисляемость перманганатная	мг/дм ³	Не более 7	5
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	Не более 500	500
Хлориды (CL ⁻)	мг/дм ³	Не более 350	350
Аммиак (по азоту)	мг/дм ³	–	2
Нитрит-ион	мг/дм ³	–	3
Фенол	мг/дм ³	–	0,001
Фенольный индекс	мг/дм ³	–	0,25
Железо	мг/дм ³	–	0,3 (1)
Фториды	мг/дм ³	–	0,5–1,2 (1,5)
Хлор (остаточный свободный)	мг/дм ³	–	0,3–0,5
Хлор (остаточный связанный)	мг/дм ³	–	0,8–1,2

Заболевания, передающиеся водным путем, носят эпидемический характер. Этому способствуют неорганизованное водопотребление, недостаточное количество воды, благоприятные условия для сохранения и распространения возбудителей, технические нарушения на водозаборных станциях и водопроводе, несоблюдение правил личной гигиены.

Характерные особенности водных вспышек:

- связь большого количества заболевших с одним источником водоснабжения;
- отсутствие заболевания у новорожденных, вскармливаемых грудным молоком;
- невысокая летальность;
- наличие «контактного хвоста»;
- возможность вялого протекания хронических вспышек низкой интенсивности.

Показателями, характеризующими качество воды в бактериологическом отношении, являются (табл. 3):

- общее микробное число;
- термотолерантные колиформные бактерии;
- общие колиформные бактерии;
- колифаги;
- споры сульфитредуцирующих клостридий;
- цисты лямблий.

Таблица 3

Бактериологические показатели качества воды

Показатели	Единицы измерения	Гигиенический норматив для децентрализованных систем водоснабжения	Гигиенический норматив для централизованных систем водоснабжения
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см ³	Отсутствие	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии микробов в 1 см ³	100	50
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 см ³	Отсутствие	Отсутствие
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц в 100 см ³	Не определяется	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 см ³ (мл)	Не определяется	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 дм ³ (л)	Не определяется	Отсутствие

В качестве бактерии-индикатора фекального загрязнения взята *Escherichia coli*, которая в большей мере удовлетворяет следующим требованиям:

- 1) присутствует в больших количествах в фекалиях людей и теплокровных животных;
- 2) быстро обнаруживается с помощью простых методов;
- 3) не развивается в природной воде;
- 4) ее персистентность в воде и степень удаления при очистке воды аналогичны таким же показателям для патогенных агентов водного происхождения.

Однако т. к. энтеровирусы и покоящиеся стадии *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, амёб и других паразитарных организмов обладают большей устойчивостью по сравнению с бактериями, то отсутствие кишечной палочки не обязательно указывает на отсутствие перечисленных возбудителей.

Получение воды, не содержащей патогенных агентов, обеспечивается:

- 1) выбором незагрязненных водоисточников;
- 2) эффективной очисткой и обеззараживанием воды;

3) гарантией того, что подготовленная вода не будет загрязнена в распределительной сети при подаче потребителю.

Таким образом, проблема качества питьевой воды имеет особую актуальность и значимость для жизнеобеспечения и охраны здоровья населения.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ (ВОДОПОДГОТОВКА)

Основные методы улучшения качества воды — осветление, обесцвечивание и обеззараживание. К специальным способам улучшения качества воды относят дезодорирование, фторирование и дефторирование, обезжелезивание, опреснение, умягчение, дезактивацию, дегазацию.

Осветление и обесцвечивание может быть достигнуто путем осаждения взвешенных частиц в отстойниках, коагуляцией и фильтрованием.

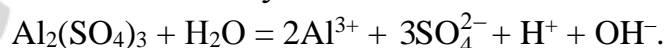
Первым этапом осветления водопроводной воды является осаждение в отстойниках, горизонтальных или вертикальных.

Горизонтальный отстойник — резервуар прямоугольной формы глубиной в несколько метров (3–4 м). В нем вода движется с очень низкой скоростью (2–4 мм/с) в горизонтальном направлении. Дно горизонтального отстойника имеет наклон в сторону входной части, где собирается осадок. В вертикальном отстойнике, который имеет цилиндрическую или четырехугольную форму с конусообразным дном, осаждение взвеси происходит за счет гидростатических сил при движении воды снизу вверх.

Для интенсификации процессов осаждения применяют коагуляцию.

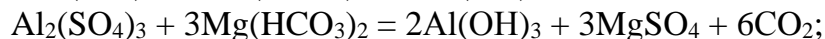
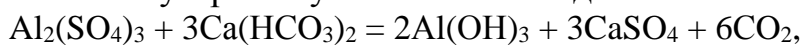
Коагуляция — процесс укрупнения, агрегации коллоидных и тонкодиспергированных примесей воды, происходящий вследствие их взаимного слипания под действием сил молекулярного притяжения. Коагуляция позволяет повысить интенсивность осветления и обесцвечивания и является вспомогательным процессом. Проводят ее как перед фильтрованием (коагуляция в свободном объеме), так и одновременно с ним (контактная коагуляция). При коагуляции происходит либо нарушение заряда коллоидов в воде и снижение их агрегативной устойчивости, либо образование хлопьев, которые сорбируют коллоидные примеси. В результате значительно снижаются мутность, цветность, уменьшаются запах, привкус и микробная обсемененность воды. Коагуляция происходит с участием химических реагентов — коагулянтов (солей алюминия и железа).

Механизм контактной коагуляции:



Механизм коагуляции в свободном объеме:

– реакция с карбонатами и гидрокарбонатами кальция и магния, которые обуславливают устранимую жесткость воды:



– гидролиз:



Для ускорения процесса коагуляции применяют так называемые *флоккулянты* — высокомолекулярные синтетические соединения анионного (полиакриламид, активизированная кремниевая кислота) и катионного (ВА-2) типа.

Фильтрация проводится через фильтры с зернистой загрузкой (медленные и быстрые). Фильтр представляет собой железобетонный резервуар, заполненный фильтрующим материалом в два слоя. В качестве фильтрующего слоя используются кварцевый песок, керамзит, дробленый мрамор. Поддерживающий слой служит для того, чтобы мелкий фильтрующий материал не уносился вместе с фильтруемой водой, и состоит из слоев гравия или щебня. Быстрая и медленная фильтрация при правильной загрузке обеспечивают наибольшее улучшение качества воды при любом обычном способе очистки воды.

При фильтрации происходит сорбция бактерий и вирусов на поверхности взвешенных частиц и хлопьев и совместное осаждение в отстойнике или порах фильтрующей загрузки. Часть бактерий и вирусов, оставаясь в воде свободной, проникает через очистные сооружения и содержится в фильтрованной воде.

Для создания надежного и управляемого последнего барьера на пути возможной передачи через воду бактериальных и вирусных болезней применяется ее *обеззараживание*. Для этого широко используются реагентные (хлорирование и озонирование) и безреагентные (ультрафиолетовое излучение, воздействие гамма-лучами и др.) методы.

Хлорирование воды — наиболее распространенный метод обеззараживания. Обеззараживающий эффект оказывают гипохлоритный ион OCl^- и недиссоциированная хлорноватистая кислота.

При обеззараживании воды обеззараживающий агент диффундирует внутрь бактериальной клетки и затем вступает в реакцию с ферментами клетки. Скорость процесса зависит от кинетики диффузии обеззараживающего агента внутрь клетки и кинетики отмирания клетки. Поэтому скорость обеззараживания возрастает с увеличением концентрации обеззараживающего вещества в воде; с повышением ее температуры; с переходом обеззараживающего агента в недиссоциируемую форму, поскольку диффузия молекул через мембрану клетки происходит быстрее, чем гидратированных ионов, образующихся при диссоциации.

Эффективность обеззараживания снижается при наличии в воде органических веществ, способных к реакциям окисления-восстановления и других возможных восстановителей, а также коллоидных и взвешенных веществ, обволакивающих бактерии и мешающих контакту с ними обеззараживающего агента.

На эффективность хлорирования оказывает влияние ряд факторов:

- биологические особенности микроорганизмов;
- бактерицидные свойства препаратов хлора;
- состояние водной среды;
- условия, в которых происходит обеззараживание.

Доза хлора, необходимая для обеззараживания, или *хлорпотребность*, складывается из хлорпоглощаемости воды и остаточного хлора, присутствующего в обеззараженной воде и свидетельствующего о завершении процесса обеззараживания. Хлорпоглощаемость измеряется количеством хлора, необходимого для окисления имеющихся в воде восстановителей. Она прямо пропорциональна дозе хлора и времени контакта. Количество остаточного хлора нормируется на разном уровне в зависимости от его состояния: для связанного (хлораминного) хлора — 0,8–1,2 мг/л; для свободного (хлорноватистая или хлорная кислота — гипохлоритный ион) — 0,3–0,5 мг/л. В указанном диапазоне концентраций остаточный хлор не изменяет органолептические свойства воды и в то же время может быть точно определен аналитическими методами. Содержание остаточного хлора должно быть постоянным на протяжении всей системы подачи воды до потребителя.

Хлорированию как методу обеззараживания воды присущи некоторые недостатки:

- необходимость соблюдения многочисленных требований по технике безопасности;
- продолжительное время контакта для достижения обеззараживающего эффекта;
- образование в воде хлорорганических соединений, вызывающих общетоксическое, канцерогенное, мутагенное, эмбриотоксическое действие.

Уровень содержания побочных продуктов обеззараживания может быть снижен за счет оптимизации технологии очистки. Удаление органических веществ перед хлорированием снижает вероятность образования потенциально опасных побочных продуктов, таких как хлорат, хлорит, хлорфенолы, тригалометаны (бромформ, дибромхлорметан, хлороформ).

Одним из перспективных методов обеззараживания является *озонирование*. Озон получают из атмосферного воздуха в аппаратах-озонаторах путем воздействия на воздух «тихого» электрического разряда. Озонирование по сравнению с хлорированием имеет следующие основные преимущества:

- надежное обеззараживание достигается в течение нескольких минут, при этом озон эффективнее хлора обеззараживает воду от споровых форм бактерий и возбудителей вирусных инфекций;
- озон, а также продукты его соединения с веществами, находящимися в воде, не имеют вкуса и запаха;
- происходит обесцвечивание воды и устранение ранее имевшихся запахов различного происхождения;

– избыточный озон через несколько минут превращается в кислород, выделяющийся в атмосферный воздух, и поэтому не оказывает влияния на организм человека;

– при этом значительно меньше, чем при хлорировании, образуется новых токсических веществ;

– процесс озонирования в меньшей степени, чем хлорирование, зависит от рН, мутности, температуры и других свойств воды;

– производство озона на месте избавляет от необходимости доставки и хранения реагентов.

Однако широкое внедрение озонирования в практику обработки воды сдерживается высокой энергоемкостью процесса получения озона. Также к недостаткам метода можно отнести образование альдегидов и кетонов в воде, в частности формальдегида.

Обеззараживание воды ионами серебра основано на инактивации сульфгидрильных групп ферментов микробной клетки малыми концентрациями положительных ионов серебра. Применяется для обеззараживания небольших количеств воды, отсутствует вирулицидный и спороцидный эффект.

Под воздействием *ультрафиолетового излучения* в клетках находящихся в воде микроорганизмов происходят необратимые процессы, вызывающие нарушение молекулярных и межмолекулярных связей. Это приводит к денатурации (разрушению) белков клеток протоплазмы, в частности к повреждению ДНК, РНК, клеточных мембран, и, как следствие, к гибели микроорганизмов. Образующиеся под воздействием ультрафиолетового излучения короткоживущие молекулы озона, атомарный кислород, свободные радикалы и гидроксильные группы оказывают дополнительное воздействие на находящиеся в воде микроорганизмы. Для обеззараживания воды применяют установки с ртутно-кварцевыми лампами высокого давления и аргоно-ртутные лампы низкого давления.

Обеззараживание ультрафиолетовым облучением не изменяет химического состава и органолептических качеств воды. Достоинством метода является также быстрота обеззараживания (несколько секунд) и отсутствие запаха и привкуса при использовании ультрафиолетовых лучей. Лучи пагубно воздействуют не только на вегетативные формы патогенных бактерий, которые погибают после облучения в течение 1–2 мин, но также на устойчивые к хлору споры, вирусы и яйца гельминтов. Многочисленные исследования показали отсутствие вредных эффектов даже при дозах ультрафиолетового облучения, намного превышающих практически необходимые. Несмотря на многие положительные стороны использования ультрафиолетового облучения для обеззараживания питьевой воды, необходимо учитывать, что повышенные мутность, цветность и соли железа уменьшают проницаемость воды для бактерицидных ультрафиолетовых лучей. Поэтому для обеззараживания ультрафиолетовым облучением в

большей степени пригодны воды из подземных источников с содержанием железа не более 0,3 мг/л, невысокими мутностью и цветностью. При необходимости ультрафиолетового обеззараживания воды из поверхностных и некоторых подземных источников требуется ее предварительная очистка (осветление, обесцвечивание, обезжелезивание и др.).

Бактерицидное действие ультразвука объясняется, в основном, механическим разрушением клеточной оболочки бактерий в ультразвуковом поле. При этом бактерицидный эффект связан с интенсивностью ультразвуковых колебаний и не зависит от мутности (до 50 мг/л) и цветности. Эффект обеззараживания распространяется не только на вегетативные, но и на споровые формы микроорганизмов. Продолжительность обеззараживающего действия ультразвука длится несколько секунд.

Радиационная очистка и обеззараживание воды имеют следующие преимущества по сравнению с традиционными методами обработки:

- универсальность, то есть возможность обезвреживать многие органические и любые микробные загрязнители;
- высокую степень обеззараживания и очистки;
- высокую скорость обработки и возможность полной автоматизации.

Однако учитывая загрязнение водных объектов специфическими техногенными веществами и по другим причинам, практическое распространение получают комбинированные методы, когда радиационная обработка воды используется совместно с традиционными методами обеззараживания (хлорированием или озонированием).

С целью нормализации солевого состава воды, удаления запаха, привкуса и т. д. применяют специальные способы улучшения качества воды (табл. 4). После спецобработки на водопроводе вода подлежит обязательному обеззараживанию.

Таблица 4

Специальная обработка воды

Способы специальной обработки	Методы
Дезодорирование	Аэрация; обработка окислителями (перманганат калия, озон); фильтрация через слой активированного угля
Умягчение	Кипячение; ионный обмен (фильтрация через слой катионитов); реагентные методы (сода и известь)
Опреснение	Дистилляция; вымораживание; обратный осмос; электродиализ; ионный обмен
Обезжелезивание	Аэрация; реагентные методы (сульфат алюминия, известь, хлор)
Фторирование	Добавление фторсодержащих соединений (фторид натрия, кремнефтористый натрий, кремнефтористая кислота)
Дефторирование	Фильтрация через слой активированной окиси алюминия; реагентные методы (гидроокись алюминия и магния)
Деактивация	Коагуляция; отстаивание; фильтрация; ионный обмен

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

Определение запаха воды

Берут пробу воды, взбалтывают ее и, открыв пробку, определяют в ней запах. Для усиления запаха 100 мл исследуемой воды наливают в колбу, накрывают часовым стеклом, подогревают ее до 50–60 °С, после чего колбу снимают с огня, воду взбалтывают, отнимают часовое стекло и определяют характер запаха.

По принятой классификации запахи воды характеризуются терминами: землистый (запах влажной земли), болотный (запах торфа), аптечный (запах йодоформа), навозный, хлорный, сероводородный и т. д.

Интенсивность запаха определяется по пятибалльной системе в табл. 5.

Таблица 5

Определение интенсивности запаха воды

Описательное определение	Балл	Интенсивность
Запах совсем не ощущается	0	Нет
Запах, обычно не замечаемый, но обнаруживаемый привычным наблюдателем	1	Очень слабый
Запах, обнаруживаемый, если обратить на него внимание потребителя	2	Слабый
Запах, легко замечаемый и могущий вызвать неодобрительные отзывы о воде	3	Заметный
Запах, обращающий на себя внимание и могущий заставить воздержаться от питья	4	Отчетливый (сильный)
Запах настолько сильный, что вода совершенно не пригодна для питья	5	Очень сильный

Определение цветности воды

В цилиндр наливают 100 мл профильтрованной исследуемой воды, смотрят сверху вниз в цилиндр на белом фоне и подбирают в стандартной шкале цилиндр, окраска раствора в котором соответствует цвету исследуемой воды (табл. 6).

Таблица 6

Стандартная шкала для определения цветности

Номер цилиндра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Градусы цветности	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Определение прозрачности воды

Исследуемую воду хорошо взбалтывают и наливают в цилиндр. Под цилиндр кладут предметное стекло, на которое наклеен шрифт Снеллена. Затем постепенно выпускают воду через кран, находят максимальную высоту столбика воды, через который возможно читать текст шрифта. Эта высота оставшегося столба воды, обозначенная в см, и выразит степень прозрачности.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ

Качественное определение солей аммиака с приближенной количественной оценкой (экспресс-метод)

Реактивы:

1. Реактив Несслера.
2. Тартрат калия-натрия (Сегнетова соль), 50%-ный раствор.

В пробирку диаметром 13–14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 0,2–0,3 мл тартрата калия-натрия и 0,2 мл реактива Несслера. Через 10–15 мин проводят приближенное определение по табл. 7.

Таблица 7

Ориентировочное содержание аммиака и ионов аммония

Окрашивание при рассматривании		Аммиак и ионы аммония, мг NH_4^+ /л
сбоку	сверху	
Нет	Нет	0,05
Нет	Чрезвычайно слабое желтоватое	0,1
Чрезвычайно слабое желтоватое	Слабо-желтоватое	0,3
Очень слабое желтоватое	Желтоватое	0,5
Слабо-желтоватое	Светло-желтое	1
Светло-желтое	Желтое	2,5
Желтое	Буровато-желтое	5
Мутноватое, резко-желтое	Бурое, раствор мутный	10

Качественное определение азота нитритов с приближенной количественной оценкой (экспресс-метод)

Реактивы: реактив Грисса.

В пробирку диаметром 13–14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 1 мл 10%-ного реактива Грисса и нагревают до 50–60 °С на водяной бане. Через 10 мин появившуюся окраску сравнивают со шкалой визуального определения (табл. 8). Для развития окраски без нагревания оставляют пробы на 15–20 мин при комнатной температуре.

Таблица 8

Ориентировочное содержание нитритов

Окрашивание при рассматривании		Нитриты, мг NO_2^- /л
сбоку	сверху	
Нет	Нет	< 0,003
Нет	Чрезвычайно слабое розовое	0,003
Едва заметное розовое	Очень слабо-розовое	0,007
Очень слабо-розовое	Слабо-розовое	0,013
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,05
Светло-розовое	Розовое	0,1
Розовое	Сильно-розовое	0,2
Сильно-розовое	Красное	0,5
Красное	Ярко-красное	1

Определение жесткости воды

Реактивы:

1. Аммиачно-буферный раствор.
2. 0,1 н. раствор трилон Б.
3. Индикатор: эриохром черный Т.

В колбу наливают 100 мл предварительно профильтрованной исследуемой воды, добавляют 5 мл аммиачно-буферного раствора и 6 капель индикатора эриохром черного, затем *медленно* титруют 0,1 н. раствором трилона Б до перехода винно-красной окраски в синюю. Жесткость анализируемой воды в миллиграмм-эквивалентах будет равна числу миллилитров 0,1 н. раствора трилона Б, пошедшего на титрование 100 мл воды.

Определение устранимой жесткости воды

Реактивы:

1. 0,1 н. раствор соляной кислоты.
2. Индикатор: метилоранж.

В колбу наливают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 2 капли метилоранжа и титруют из бюретки 0,1 н. раствором соляной кислоты до перехода желтой окраски в слабо-розовую; для лучшего улавливания перехода одного цвета в другой ставят рядом колбу с той же водой и с 2 каплями метилоранжа в ней.

Количество миллилитров 0,1 н. раствора соляной кислоты, пошедшее на титрование 100 мл воды, соответствует жесткости воды в миллиграмм-эквивалентах.

Определение окисляемости воды с солью Мора

Реактивы:

1. 0,01 н. раствор перманганата калия (KMnO_4).
2. 0,01 н. раствор соли Мора.
3. 25%-ный раствор серной кислоты (H_2SO_4).

В колбу налить 100 мл исследуемой воды, добавить 5 мл 25%-ного раствора H_2SO_4 и прилить 10 мл 0,01 н. раствора KMnO_4 . Пробу оставить на 15 мин.

Затем к пробе добавить 10 мл 0,01 н. раствора соли Мора. Обесцвеченный раствор титруют перманганатом калия до появления слабо-розового окрашивания, записывают расход 0,01 н. раствора KMnO_4 (A_1). Этот расход перманганата свидетельствует о том количестве титранта, которое необходимо для окисления органических веществ в 100 мл воды.

Для окончательного расчета необходимо установить поправочный коэффициент (К) KMnO_4 . Для этого в ту же колбу налить 10 мл 0,01 н. раствора соли Мора и снова оттитровать 0,01 н. раствором KMnO_4 до появления слабо-розового окрашивания, записывают расход 0,01 н. раствора KMnO_4 (A_2).

Расчет производится по формуле

$$X = ((A_1 + A_2) - 10) \cdot 0,8 \cdot K,$$

где $K = 10 / A_2$; A_1 — количество мл 0,01 н. раствора $KMnO_4$, пошедшего на 1-е титрование; A_2 — количество мл 0,01 н. раствора $KMnO_4$, пошедшего на 2-е титрование.

Определение растворенного в воде кислорода

Реактивы:

1. 50%-ный раствор $MnCl_2$.
2. Раствор $NaOH + KI$.
3. Концентрированная H_2SO_4 .
4. 0,01 н. раствор тиосульфата натрия.
5. 1%-ный раствор крахмала.
6. 0,01 н. раствор гипосульфита.

К взятой пробе воды немедленно приливают на дно флакона 1 мл $NaOH + KI$, затем 1 мл 50%-ного раствора $MnCl_2$. Закрывают флакон, хорошо взбалтывают воду и дают осесть образовавшемуся осадку гидрата окиси марганца. Вливают во флакон 0,3 мл концентрированной H_2SO_4 . Снова закрывают флакон, взбалтывают, пока растворится весь осадок марганца. Раствор осветляется и от выделившегося йода окрашивается в желтый цвет. Жидкость из флакона переливают в колбу (400–500 мл). Приступают к титрованию 0,01 н. раствором гипосульфита. Когда раствор приобретает бледно-желтый цвет, добавляют 1 мл 1%-ного раствора крахмала и дотитровывают посиневший раствор до обесцвечивания.

Расчет количества кислорода в мг в одном литре воды:

$$\frac{0,08 \cdot H \cdot 1000}{y - y_1},$$

где 0,08 — число мг кислорода, соответствующее 1 мл 0,01 н. раствора тиосульфата натрия; H — число мл 0,01 н. раствора гипосульфита; y — объем взятой для исследования воды (объем флакона); y_1 — объем прилитых во флакон реактивов (всего 2 мл).

Определение биохимической потребности в кислороде

Воду забирают из водоема в бутылку (наполняют доверху) и доставляют в закупоренном виде в лабораторию. Для анализа воду переливают в колбу, согревают на водяной бане до $20\text{ }^\circ\text{C}$, взбалтывают в течение минуты для насыщения кислородом воздуха и наполняют доверху две калиброванные склянки с притертыми пробками. В одной из склянок немедленно определяют содержание кислорода (методика описана выше), а другую ставят в термостат при $20\text{ }^\circ\text{C}$ на 5 суток. Далее определяют растворенный в воде кислород. Разность между этими определениями, пересчитанная в мг на 1 л, показывает потребление кислорода на окисление нестойких органических соединений.

Определение количества сернокислого алюминия, необходимого для проведения коагуляции воды

Реактивы:

1. 12%-ный раствор бисульфата натрия.
2. Индикатор: 1%-ный спиртовой раствор метилрота.
3. Раствор $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$.

При коагуляции воды сернокислым алюминием прежде всего определяют устранимую жесткость воды. Для этого в стакан или колбу наливают 100 мл воды, добавляют 2 капли 1%-ного спиртового раствора метилрота. Вода окрашивается в желтоватый цвет. Ее титруют по каплям 12%-ным раствором бисульфата натрия до розового окрашивания, количество капель бисульфата натрия, пошедшее на титрование, указывает устранимую жесткость воды в градусах.

Определив устранимую жесткость, приступают к опытному коагулированию воды раствором $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ в трех стаканах. В эти стаканы наливают по 200 мл испытуемой воды. В первый стакан добавляют X капель коагулянта; во второй стакан — $X - 4$ капли; в третий стакан — $X - 8$ капель и тщательно перемешивают. Выбор числа X (число капель) зависит от устранимой жесткости воды и проводится по табл. 9.

Таблица 9

Жесткость воды	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	14°
X (число капель)	8	12	16	20	24	28	32	36	40	48

Например, устранимая жесткость 8°, тогда в первый стакан добавляется 24 капли коагулянта, во второй стакан — 20 капель, а в третий — 16 капель. В момент внесения коагулянта вода перемешивается в течение 1 мин. Затем ведут наблюдение в течение 10–15 мин. Выбирают стакан, в котором коагуляция идет лучше всего (раньше образуются крупные хлопья, быстро оседающие на дно). Если коагуляция идет одинаково во всех стаканах, то выбирают тот, куда меньше всего внесено коагулянта. Исходя из выбранного стакана, производят расчет необходимого количества коагулянта на 1 л воды. Предположим, мы выбрали первый стакан, куда было добавлено 24 капли раствора сернокислого алюминия. Если на 0,2 л воды необходимо 24 капли коагулянта, то на 1 л — 120 капель или 4,8 мл.

Если в опытных стаканах коагуляция идет плохо, дозу коагулянта надо увеличить на 4–8 капель до четкого хлопьеобразования. При низкой устранимой жесткости воды (менее 4°) перед коагулированием к воде нужно добавить щелочь (например, 2,5%-ный раствор соды).

Определение активного хлора в хлорной извести

В полевых условиях определение активного хлора в хлорной извести производят капельным способом. В стакан или колбу наливают 100 мл дистиллированной воды, добавляют 0,4 мл свежеприготовленного 1%-ного

раствора хлорной извести, 1 мл разбавленной хлористоводородной кислоты (1 : 5), 1 мл 5%-ного йодида калия и 1 мл 1%-ного свежеприготовленного раствора крахмала. Перемешивают и титруют по каплям специально подобранной пипеткой (1 мл которой соответствует 25 каплям) 0,7%-ным раствором тиосульфата натрия до обесцвечивания.

Содержание активного хлора в хлорной извести в процентах равно количеству капель тиосульфата натрия, израсходованного на титрование (1 капля 0,7%-ного раствора тиосульфата натрия связывает 0,04 мг хлора, что составляет сотую часть взятого для определения количества хлорной извести — 4 мг, т. е. 1 %).

Определение количества хлорной извести, необходимого для хлорирования нормальными дозами

Для определения необходимой дозы хлора при хлорировании нормальными дозами проводится пробное хлорирование воды. В полевых условиях пробное хлорирование проводят в трех стаканах, в каждый из которых наливают по 200 мл исследуемой воды, вкладывают стеклянные палочки и с помощью выверенной пипетки (25 капель равны 1 мл) добавляют 1%-ный раствор хлорной извести: в первый — 1 каплю, во второй — 2 капли, в третий — 3 капли. Воду в стаканах хорошо перемешивают и через 30 мин определяют наличие в ней остаточного хлора. Для этого в каждый стакан прибавляют 2 мл 5%-ного раствора йодида калия, 2 мл хлористоводородной кислоты (1 : 5), 1 мл 1%-ного раствора крахмала и тщательно перемешивают. При наличии остаточного хлора вода окрашивается в синий цвет, тем более интенсивный, чем больше в ней содержится остаточного хлора. Воду в стаканах, где появилось синее окрашивание, титруют по каплям 0,7%-ным раствором тиосульфата натрия до обесцвечивания, перемешивая ее после добавления каждой капли.

Для расчета дозы выбирают тот стакан, где произошло обесцвечивание от 2 капель тиосульфата натрия, т. к. содержание остаточного хлора в этом стакане составляет 0,4 мг/л (1 капля 0,7%-ного раствора тиосульфата натрия связывает 0,04 мг хлора, что при пересчете на 1 л соответствует $0,04 \cdot 5 = 0,2$ мг/л). Если обесцвечивание произошло от одной капли, содержание остаточного хлора недостаточно — 0,2 мг/л; при обесцвечивании от 3 капель содержание остаточного хлора избыточно — 0,6 мг/л.

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

Например, для расчета дозы выбран второй стакан, где при определении остаточного хлора на титрование пошло 2 капли 0,7%-ного раствора тиосульфата натрия. В этот стакан на 200 мл воды было прибавлено 2 капли 1%-ного раствора хлорной извести; следовательно, на 1 л воды требуется $2 \cdot 5 = 10$ капель или 0,4 мл 1%-ного раствора хлорной извести, т. к. в 1 мл содержится 25 капель. Количество сухой хлорной извести, содер-

жащейся в 0,4 мл 1%-ного раствора, в 100 раз меньше (т. к. раствор 1%-ный) и составляет $0,4 : 100 = 0,004$ или 4 мг сухой хлорной извести, т. е. доза хлора равна 4 мг/л хлорной извести.

СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

Задача 1. Проба воды взята из артезианской скважины, расположенной в поселке на расстоянии 100 м от животноводческой фермы. Вода из водонапорной башни во многих местах просачивается и проливается на землю. Грунт песчаный.

Анализ воды:

- цветность, градусы — 40, желтоватый цвет;
- прозрачность, см — 25;
- запах при 20 °С, баллы — 3, затхлый;
- вкус при 20 °С, баллы — 3, болотный;
- азот аммонийный, мг/л — 3;
- азот нитритов, мг/л — 4;
- азот нитратов (NO_3^-), мг/л — 60;
- сульфаты, мг/л — 250;
- хлориды, мг/л — 120;
- железо, мг/л — 1,8;
- фтор, мг/л — 0,2;
- окисляемость, мг O_2 /л — 10;
- общее микробное число в 1 мл — 1600;
- общие колиформные бактерии в 100 мл (3-кратно) — 50.

Укажите вид водоснабжения, проанализируйте органолептические свойства воды, ее химический состав и микробиологические показатели качества. Дайте письменное заключение о пригодности воды для хозяйственно-питьевых целей. Назовите показатели, косвенно указывающие на органическое загрязнение воды.

Задача 2. В поселке городского типа водопровод базируется на использовании подземных вод. Глубина скважины 185 м. Система по обеззараживанию воды в последнее время не функционирует.

Анализ воды из водопроводного крана:

- цветность, градусы — 20, желтоватый цвет;
- прозрачность, см — 23;
- запах при 20 °С, баллы — 4, затхлый;
- вкус при 20 °С, баллы — 3, вяжущий;
- азот аммонийный, мг/л — 1,3;
- азот нитритов, мг/л — 0,3;
- азот нитратов (NO_3^-), мг/л — 48;

- сульфаты, мг/л — 36;
- хлориды, мг/л — 58;
- железо, мг/л — 1,6;
- жесткость общая, мг-экв/л — 12;
- окисляемость, мг O₂/л — 6;
- общее микробное число в 1 мл — 300;
- общие колиформные бактерии в 100 мл (3-кратно) — 80.

Укажите вид водоснабжения, проанализируйте органолептические свойства воды, ее химический состав и микробиологические показатели качества. Дайте письменное заключение о пригодности воды для хозяйственно-питьевых целей. Назовите показатели, косвенно указывающие на органическое загрязнение воды.

Задача 3. Анализ воды из колодца:

- цветность, градусы — 40, желтоватый цвет;
- прозрачность, см — 25;
- запах при 20 °С, баллы — 1;
- вкус при 20 °С, баллы — 4;
- азот нитратов (NO₃⁻), мг/л — 50;
- сульфаты, мг/л — 25;
- хлориды, мг/л — 40;
- жесткость, мг-экв/л — 6;
- окисляемость, мг O₂/л — 10;
- общее микробное число в 1 мл — 190;
- общие колиформные бактерии в 100 см³ — 5.

Укажите вид водоснабжения, проанализируйте органолептические свойства воды, ее химический состав и микробиологические показатели качества. Дайте письменное заключение о пригодности воды для хозяйственно-питьевых целей. Назовите показатели, косвенно указывающие на органическое загрязнение воды.

Задача 4. В поселке городского типа в качестве источника водоснабжения используется озеро, расположенное в 3 км. В поселке имеется химический комбинат. На водонасосной станции улучшение качества воды осуществляется методами отстаивания, фильтрации и хлорирования нормальными дозами.

В последнее время жители поселка отметили ухудшение органолептических свойств воды и появление в ней хлорфенольного запаха. Пробы воды после ее обработки взяты лаборантом районного Центра гигиены и эпидемиологии из емкости перед подачей в водопроводную сеть.

Анализ воды:

- цветность по шкале, градусы — 25;
- запах при 20 °С, баллы — 4, аптечный;

- вкус при 20 °С, баллы — 3, болотный;
- прозрачность, см — 25;
- азот аммонийный, мг/л — 1,2;
- азот нитритов, мг/л — 0,2;
- нитраты (NO₃), мг/л — 50;
- сульфаты, мг/л — 100;
- хлориды, мг/л — 80;
- окисляемость, мг O₂/л — 8;
- фенолы, мг/л — 0,01;
- остаточный хлор, мг/л — 0,1;
- общее микробное число в 1 мл — 400;
- общие колиформные бактерии в 100 мл (3-кратно) — 45.

Укажите вид водоснабжения, проанализируйте органолептические свойства воды, ее химический состав и микробиологические показатели качества. Дайте письменное заключение о пригодности воды для хозяйственно-питьевых целей. Назовите показатели, косвенно указывающие на органическое загрязнение воды.

Задача 5. Проба воды взята из артезианской скважины, расположенной в поселке А.

Анализ воды:

- цветность по шкале, градусы — 40, желтоватый;
- запах при 20 °С, баллы — 3, затхлый;
- вкус при 20 °С, баллы — 3, болотный;
- прозрачность, см — 25;
- азот аммонийный, мг/л — 3;
- азот нитритов, мг/л — 2,6;
- нитраты (NO₃), мг/л — 43;
- сульфаты, мг/л — 250;
- хлориды, мг/л — 120;
- окисляемость, мг O₂/л — 8;
- железо, мг/л — 1,5;
- фтор, мг/л — 0,2;
- общее микробное число в 1 мл — 120;
- общие колиформные бактерии в 100 мл (3-кратно) — 10.

Укажите вид водоснабжения, проанализируйте органолептические свойства воды, ее химический состав и микробиологические показатели качества. Дайте письменное заключение о пригодности воды для хозяйственно-питьевых целей. Назовите показатели, косвенно указывающие на органическое загрязнение воды.

Задача 6. Проба воды взята из водоразборной колонки по ул. Щедрина г. Минска:

- цветность по шкале, градусы — 10, желтоватый цвет;

- запах при 20 °С — без запаха;
- вкус при 20 °С, баллы — 2, железистый привкус;
- прозрачность, см — 20;
- нитраты (NO₃), мг/л — 8;
- сульфаты, мг/л — 30;
- хлориды, мг/л — 25;
- жесткость общая, мг-экв/л — 4;
- окисляемость, мг O₂/л — 3;
- общее микробное число в 1 мл — 110;
- общие колиформные бактерии в 100 мл (3-кратно) — 2.

Укажите вид водоснабжения, проанализируйте органолептические свойства воды, ее химический состав и микробиологические показатели качества. Дайте письменное заключение о пригодности воды для хозяйственно-питьевых целей. Назовите показатели, косвенно указывающие на органическое загрязнение воды.

Задача 7. Проба воды доставлена из деревни 3. Шахтный колодец глубиной 4 м имеет деревянный сруб, расположен на расстоянии 5 м от сараю для домашнего скота. Сруб выступает над поверхностью земли на высоту 75 см, крышки, прикрывающей шахту, нет.

Анализ воды:

- цветность по шкале, градусы — 40, желтоватый цвет;
- запах при 20 °С, баллы — 4, отчетливый, застойный;
- вкус при 20 °С, баллы — 3, болотистый привкус;
- прозрачность, см — 20;
- нитраты (NO₃), мг/л — 70;
- сульфаты, мг/л — 350;
- хлориды, мг/л — 25;
- жесткость общая, мг-экв/л — 4;
- окисляемость, мг O₂/л — 12;
- общее микробное число в 1 мл — 300;
- общие колиформные бактерии в 100 мл (3-кратно) — 50.

Укажите вид водоснабжения, проанализируйте органолептические свойства воды, ее химический состав и микробиологические показатели качества. Дайте письменное заключение о пригодности воды для хозяйственно-питьевых целей. Назовите показатели, косвенно указывающие на органическое загрязнение воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. *Большаков, А. М.* Общая гигиена / А. М. Большаков. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014. 423 с.
2. *Мельниченко, П. И.* Гигиена с основами экологии человека : учеб. / П. И. Мельниченко, Т. А. Козлова, В. И. Архангельский ; под ред. П. И. Мельниченко. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. 752 с.
3. *Общая гигиена* / под ред. Н. Л. Бацуковой. Минск : Издательство Гревцова, 2012. Ч. 1. 160 с.
4. *Гигиена и экология человека* / В. М. Глиненко [и др.]. Москва : МИА, 2010. 552 с.

Дополнительная

5. *Мазаев, В. Т.* Коммунальная гигиена : учеб. / В. Т. Мазаев, Т. Г. Шлепнина ; под ред. В. Т. Мазаева. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014. 704 с.
6. *Коммунальная гигиена* / Е. И. Гончарук [и др.] ; под ред. Е. И. Гончарука. Киев : Здоров'я, 2006. 792 с.
7. ГОСТ 31862-2012. Вода питьевая. Отбор проб. Введ. 02.01.2015. Москва : Стандартинформ, 2013. 12 с.
8. *Гигиенические требования к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения населения : Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы* : утв. постановлением № 105 М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 2 авг. 2010 г. Режим доступа : minzdrav.gov.by. Дата доступа : 14.06.17.
9. *Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99 : Санитарные правила и нормы 2.1.4* : утв. постановлением № 46 гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь от 19 окт. 1999 г. : с изм., утв. постановлением № 16 гл. гос. сан. врача Респ. Беларусь от 26 марта 2002 г. Режим доступа : minzdrav.gov.by. Дата доступа : 14.06.17.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы	3
Физиологическое, санитарно-гигиеническое, эпидемическое значение воды	4
Источники питьевой воды	5
Отбор проб воды.....	9
Отбор проб для проведения микробиологического контроля качества воды.....	9
Отбор проб для проведения химико-аналитического и радиологического контроля качества воды.....	10
Требования к качеству воды	11
Методы улучшения качества воды (водоподготовка).....	17
Задания для самостоятельной работы.....	22
Определение физических и органолептических свойств воды	22
Химический анализ воды	23
Ситуационные задачи	28
Список использованной литературы.....	32

Учебное издание

Цимберова Екатерина Игоревна
Рябова Надежда Владимировна

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Учебно-методическое пособие

2-е издание

Ответственная за выпуск Н. Л. Бацукова
Старший корректор А. В. Царь
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 20.11.19. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Снегурочка».

Ризография. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,67. Тираж 70 экз. Заказ 35.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.