

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МЕДИЦИНЫ И ФАРМАЦИИ
ИМ. НИКОЛАЯ ТЕСТЕМИЦАНУ

ОБЩАЯ ГИГИЕНА

Том II

КИШИНЭУ
2000

0-28
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ МЕДИЦИНЫ И ФАРМАЦИИ
ИМ. НИКОЛАЯ ТЕСТЕМИЦАНУ

Кафедра общей гигиены

ОБЩАЯ ГИГИЕНА

Том II

(Руководство к практическим занятиям)

Под редакцией зав. кафедрой, доцента, доктора медицины
Г.В. Острофец

616919



Кишинэу

Издательско-Полиграфический Центр *Medicina* ГУМФ
2001

УДК: 613 (075)

О-88

Допущено к изданию Центральным Методическим Советом
ГУМФ им. *Николая Тестемицану* № 6 от 7 мая 1998 г.

Авторы:

Г.В.Острофец, Г.Г.Рудь, Л.Н.Гроза, Л.А.Кузнецова

Рецензенты:

А.А.Кирлич, доцент; И.Н.Бэхнэрел, ст.преподаватель

Редактор: *Л.В.Кысса*

Корректор: *А.В.Стратан*

Компьютерный набор: *Т.М.Пендус*

© *Medicina*, 2001

© Г.В. Острофец и др., 2001

ISBN 9975-945-78-3

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее руководство к практическим занятиям по гигиене предназначено для студентов лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов, врачей, работников лабораторий. Оно может быть использовано также работниками центров профилактической медицины.

В соответствии с основной задачей преподавания гигиены на лечебном, педиатрическом и стоматологическом факультетах – сформировать профилактическое мышление будущих врачей – руководство содержит задачи усвоения различных уровней, заданий, позволяющие будущим врачам правильно оценивать различные факторы внешней среды с точки зрения их возможного влияния на организм человека.

В работе нашли достаточно полное отражение вопросы гигиены воды, гигиены лечебно-профилактических учреждений, в том числе гигиенические вопросы планировки и санитарного содержания больниц.

Установление связи между заболеванием и вызвавшими его профессиональными факторами невозможно без участия в разработке и проведении профилактических мероприятий, без совместной работы врачей клинического профиля с врачами-гигиенистами. Поэтому раздел гигиены труда в подготовке врачей является одним из наиболее важных.

Так как работа педиатра требует основательной подготовки по разделу гигиены детей и подростков, то в руководстве подробно изложены методы оценки физического развития детей и подростков, учебно-воспитательного процесса, режима дня и др.

Руководство написано на основе многолетнего опыта изучения гигиены в Государственном Университете Медицины и Фармации им. Николая Тестемицану.

Глава 1

ГИГИЕНА ВОДЫ

Тема: Гигиеническая оценка качества питьевой воды

Цель занятия

- Учебная:*
1. Систематизировать и закрепить знания студентов о значении водного фактора в распространении инфекционных и неинфекционных заболеваний.
 2. Освоить мероприятия по предупреждению заболеваний, связанных с потреблением недоброкачественной воды.
 3. Обучить студентов методам определения физических свойств и химических показателей загрязнения воды органическими веществами (качественные и приближенно-количественные реакции).
 4. Научить студентов дать гигиеническое заключение о качестве воды по полученным результатам.

Исходные знания и умения

- Знать:*
1. Гигиенические требования к качеству питьевой воды, ее источникам.
 2. Влияние химического состава воды на здоровье населения, ее эпидемиологическое значение.
 3. Законодательные документы, отражающие вопросы регламентации качества питьевой воды при различных системах водоснабжения.
 4. Правила организации зон санитарной охраны водопроводов и источников водоснабжения.
- Уметь:*
1. Дать заключение о качестве питьевой воды и условиях использования источников по результатам анализов воды и данным обследования водисточников.
 2. Проводить мероприятия по предупреждению заболеваний.

связанных с потреблением недоброкачественной воды.

3. Анализировать данные о заболеваемости кариесом и флюорозом зубов и истолковывать их при оценке оздоровительной эффективности профилактических мероприятий (фторирование, дефторирование воды).

Подготовиться к ответам на вопросы:

1. Физиологическое и гигиеническое значение воды. Влияние качества воды и условий водоснабжения на здоровье населения и санитарные условия жизни. Нормы водопотребления.

2. Инфекционные заболевания, передаваемые водой. Особенности водных эпидемий, их профилактика.

3. Заболевания неинфекционного происхождения, связанные с потреблением недоброкачественной воды и пути их профилактики.

4. Оценка качества питьевой воды местных источников водоснабжения. Гигиенические требования к устройству шахтных и трубчатых колодцев.

5. Показатели минерального состава питьевой воды и их гигиеническое значение.

6. Гигиеническое значение фтора (роль его как биоэлемента в организме, в профилактике кариеса и развития флюороза). Нормативы фтора в питьевой воде.

7. Эндемический флюороз. Классификация, условия возникновения и меры профилактики.

8. Фторирование воды (показания к фторированию, выбор оптимальных доз фтора). Дефторирование воды.

9. Принцип методов определения фтора в воде (упрощенный, колориметрический, циркон ализариновый).

10. Санитарно-показательное значение солей аммиака, нитритов, нитратов, хлоридов, окисляемости воды.

11. Водно-нитратная метгемоглобинемия и ее профилактика.

12. Правила выбора источников централизованного водоснабжения. Гигиенические требования к качеству воды водисточников. Зоны санитарной охраны водисточников.

13. Принципы методов определения аммиака, нитритов, нитратов, хлоридов, сульфатов, железа, окисляемости, общей жесткости.

Самостоятельная работа студентов

1. Определение органолептических показателей качества воды (цвет, запах, вкус, прозрачность).

2. Определение аммонийного азота, нитритов, нитратов, хлори-

- дов, сульфатов, железа (качественно и приближенно-количественно).
3. Определение общей жесткости, окисляемости (количественно).
 4. Определение фтор-иона упрощенным колориметрическим методом.
 5. Дать заключение по полученным результатам.

Практические навыки

Освоить методы определения физических свойств и химического состава воды.

Учебно-исследовательская работа студентов

На основании проведенных лабораторных исследований оценивается качество воды, решается вопрос о возможности использования ее для хозяйственно-питьевых целей, даются предложения по ее улучшению.

✓ Отчетность

Студенты оформляют протокол занятия по форме:

1. Тип водосточника, место, время и объем пробы _____.
2. Запах _____ балл
3. Вкус (привкус) _____ балл
4. Прозрачность по шрифту _____ см
5. Цветность по платиново-кобальтовой шкале _____ градусов
6. pH _____
7. Азот аммиака _____ мг/л
8. Азот нитритов _____ мг/л
9. Азот нитратов _____ мг/л
10. Хлориды _____ мг/л
11. Сульфаты _____ мг/л
12. Железо _____ мг/л
13. Фтор _____ мг/л
14. Общая жесткость _____ мг/экв/л
15. Окисляемость _____ мг/л O_2
16. Заключение (соответствие показателей качества воды гигиеническим нормам; пригодность воды для хозяйственно-питьевых целей; предложения по улучшению ее качества)

Основные требования, предъявляемые к воде, предназначенной для хозяйственно-питьевых целей

С гигиенической точки зрения под качеством воды понимается совокупность свойств, определяющих ее пригодность для удовлетворения физиологических и хозяйственно-бытовых потребностей людей. Качество воды определяется физическими свойствами, химическим и бактериологическим составом.

Физические свойства воды должны полностью удовлетворять эстетическим потребностям человека. Для этого вода должна быть прозрачной, без заметного запаха и привкуса, оказывать освежающее действие. Мутная вода дает повод считать ее подозрительной в эпидемиологическом отношении.

Химический состав воды должен быть стабильным, не ухудшать ее органолептических свойств. В воде не должно содержаться токсических и радиоактивных веществ больше предельно допустимых концентраций, а также патогенной микрофлоры и яиц гельминтов.

Определение физических свойств воды

Определение температуры проводят немедленно после выемки пробы или непосредственно в водоеме. Для измерения используют ртутный термометр с делениями шкалы на 0,1 градуса. Для определения температуры на месте выемки пробы воду в количестве не менее 1 л наливают в сосуд, температура которого доведена до температуры испытуемой воды. Стенки сосуда должны быть защищены от нагревания или охлаждения. Термометр погружают в воду и через 5 мин. делают отсчет показаний. Для измерения температуры поверхностных слоев воды применяют термометр в оправе, с чашечкой вокруг ртутного балона. Термометр необходимо выдерживать в воде не менее 5 мин. Температуру глубоких слоев воды можно измерить с помощью термометра, помещенного в батометр. Батометр выдерживают на заданной глубине 5 мин. После его извлечения на поверхность быстро снимают показания термометра.

Повышение температуры воды водоема, происходящее в результате спуска теплых промышленных сточных вод, как правило, отрицательно влияет на жизнь водоема, на процессы самоочищения. Вот почему в настоящее время все чаще говорят о «термическом» загрязнении водоемов. В соответствии с существующими правилами,

температура воды в водоеме в результате сброса сточных вод не должна повышаться больше чем на 30% при среднемесячной температуре воды самого жаркого месяца за последние 10 лет.

Определение запаха, вкуса, прозрачности и других показателей физических свойств воды дает значительную информацию о санитарном состоянии водосточника, о качестве питьевой воды. Мутные воды, воды, содержащие большое количество взвешенных органических веществ, как правило, опасны в эпидемическом отношении. Дурнопахнущие воды свидетельствуют о процессах гниения, происходящих в водосточнике, о попадании в водосточник ароматических химических соединений, которые могут обладать и токсичными свойствами.

✓ **Определение запаха.** При оценке качества воды, предназначенной для хозяйственно-питьевых целей, запах является одним из важнейших показателей, поскольку при определении некоторых веществ это более чувствительный тест, чем химические методы обнаружения некоторых химических соединений. Запахи отличаются по характеру и интенсивности.

По своему характеру запахи воды бывают естественного происхождения (от живущих и отмирающих в воде организмов, от влияния берегов, дна, окружающих почв) и искусственного происхождения (от промышленных и бытовых вод, реагентов, добавляемых к воде при ее обработке).

Запахи первой группы (естественного происхождения) оцениваются по табл. 1.

Таблица 1

Шкала характера запаха

Характер запаха	Примерный род запаха
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, сточный
Древесный	Запах мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прельный, свежеспаханной земли, гнилостный
Плесневый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбьего жира, рыбы
Сероводородный	Тухлых яиц
Травянистый	Скошенной травы, сена
Неопределенный	Запахи естественного происхождения, не подходящие под предыдущие определения

Запахи второй группы характеризуются по названиям соответствующих веществ: фенольный, хлорфенольный, камфорный, бензинный, хлорный и др.

Определение интенсивности запаха производится по табл. 2 и оценивается в баллах.

Таблица 2

Шкала интенсивности запаха

Балл	Интенсивность	Описательные признаки
0	Никакого	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, не поддающийся обнаружению потребителем, но обнаруживаемый в лаборатории опытным исследователем
2	Слабый	Запах, не привлекающий внимания потребителя, но такой, который можно заметить, если указать на него
3	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде с неодобрением
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду неприятной для питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Запах питьевой воды не должен быть более 2 баллов. Исследуемую воду наливают в колбу вместимостью 150–200 мл с широким горлом на $\frac{2}{3}$ ее объема, накрывают часовым стеклом, встряхивают вращательным движением в закрытом состоянии, открывают и определяют интенсивность запаха. Определение характера запаха осуществляют при температуре воды 20°C, интенсивность при температуре 20°C и при нагревании до 60°C. Нагрев проводят в той же колбе, закрытой часовым стеклом.

Проведение работы по определению запаха требует соблюдения следующих условий: воздух в помещении, одежда, руки наблюдателя должны быть без запаха. Одному и тому же лицу нельзя определять интенсивность запаха длительное время, так как наступает утомляемость, привыкание.

✓ Определение вкуса и привкуса осуществляют только при уверенности в безвредности воды. В сомнительных случаях ее следует предварительно прокипятить, охладить и затем пробовать на вкус.

Вкус и привкус воды определяют органолептически как качест-

венно, так и по интенсивности. Различают четыре вида вкуса: соленый, горький, сладкий, кислый. Остальные виды вкусовых ощущений называют привкусами. Качественная характеристика привкуса определяется по существующим признакам: хлорный, рыбный, металлический и др.

Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по пятибалльной системе так же, как и запах (табл. 3).

Таблица 3

Шкала интенсивности вкуса и привкуса

Балл	Вкус и привкус	Балл	Вкус и привкус
0	Никакого	3	Заметный
1	Очень слабый	4	Отчетливый
2	Слабый	5	Очень сильный

Вкус определяют при температуре 20°C. Воду в количестве 15 мл следует держать во рту несколько секунд не проглатывая.

✓ Определение прозрачности. Прозрачность воды определяют по «кресту» и по «шрифту». По «кресту» прозрачность определяют, как правило, на водопроводных станциях, по «шрифту» – в лабораториях.

Для определения по «шрифту» используют прибор Снеллена. Он представляет собой градуированный в сантиметрах цилиндр. Высота градуированной части составляет 30 см. У дна цилиндра находится выпускной кран.

Прозрачность определяют в хорошо освещенной рассеянным светом помещении, на расстоянии 1 м от окна. Исследуемую воду хорошо взбалтывают в цилиндре на высоту, предположительно отвечающую прозрачности воды. Затем цилиндр ставят неподвижно над шрифтом так, чтобы он находился в 4 см от дна. Добавляя или отливая воду из цилиндра, находят максимальную высоту столба воды, при которой чтение шрифта еще возможно. Прозрачность выражается в сантиметрах с точностью до 0,5 см.

Образец шрифта для определения прозрачности воды:

54178309

✓ Определение цветности воды. Цветность природной воды обусловлена содержанием в ней гуминовых соединений. Кроме того, окраску воде могут придать соединения железа, цветущие водоросли. Помимо естественности вода может приобретать самый различный цвет в результате загрязнения ее промышленными сточными водами. Таким образом, изменение цвета воды может служить показателем загрязнения ее промышленными сточными водами, а следовательно,

косвенным показателем возможного присутствия в ней токсических веществ.

Цветность воды определяется качественно и количественно. Для качественного определения цветности исследуемую воду в количестве не менее 40 мл наливают в бесцветный цилиндр. Во второй цилиндр наливают такое же количество дистиллированной воды. Сравнение окраски и дистиллированной воды проводят над листом белой бумаги.

Результаты исследования выражаются следующими характеристиками: бесцветная вода, светло-желтая, желтая, бурая и т.д.

Количественно цветность определяют путем сравнения исследуемой воды со стандартной платиново-кобальтовой или хромово-кобальтовой шкалой, имитирующей окраску. В цилиндр Несслера, однотипный с использованными в шкале, наливают 100 мл исследуемой воды и осуществляют просмотр сверху на белом фоне, отыскивая тот цилиндр, с которым окраска испытуемой воды является тождественной. Выражают цветность в градусах. Мутная вода прозрачностью ниже 20 см перед определением должна быть профильтрована.

Определение химических показателей качества воды

Определение активной реакции с помощью универсальной индикаторной бумаги

Вода большинства природных водоемов имеет активную реакцию – 6,5–8,5. Отклонение от этих величин может служить показателем попадания кислых или щелочных сточных вод промышленных предприятий в водоем.

Полоску индикаторной бумаги погружают в пробирку с водой на 10–15 с., после чего интенсивность окраски немедленно сравнивают с цветной шкалой, прилагаемой к универсальному индикатору. Изменение интенсивности окраски соответствует концентрации водородных ионов. Диапазон измерения pH – от 1,0 до 10, точность – единица.

Определение соединений азота

Соединения азота в воде могут присутствовать как в составе органических, так и неорганических соединений. Эпидемиологическое значение имеет азот, являющийся продуктом распада животного белка. Животный белок, как правило, попадает в водоем вместе со сточными водами. Его присутствие является косвенным показателем зараженности воды патогенной микрофлорой. Белок распадается до азота аммиака, азота нитратов. Наличие в воде аммиака указывает на свежее загрязнение водоема, а аммиака, нитритов и нитратов

на непрерывное длительное и непрекращающееся загрязнение. Если в воде имеются только нитраты, это свидетельствует о том, что свежего загрязнения нет, что имел место процесс нитрификации, то есть прошло достаточное время для гибели патогенной микрофлоры.

Ни аммиак, ни нитриты ГОСТом не нормируются. В чистой воде, по гигиеническим нормативам, допускается содержание аммиака до 0,1 мг/л, нитритов – 0,001–0,002 мг/л. Нитраты нормируются ГОСТом в количестве 45 мг/л как токсическое вещество, способное вызвать метгемоглобинемию.

√ *Определение азота аммиака*

Азот аммонийных солей определяется с помощью реактива Несслера, представляющего собой двойную соль йодистой ртути и йодистого калия, растворенного в едком калии. Реагируя с раствором, в котором содержатся аммонийные соли, реактив Несслера дает желтое окрашивание в результате образовавшегося йодистого меркураммония.

Азот аммиака определяют качественно и количественно. Качественное определение, как более простое и быстрое, проводят для установления наличия аммиака в воде и решения вопроса в случае обнаружения больших концентраций аммиака, о необходимости и степени разведения исследуемой воды для дальнейшего количественного исследования.

Если качественная реакция отрицательная, исследование прекращают, если положительная – переходят к количественному определению.

√ Качественное определение. В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, добавляют 0,2–0,3 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли и 0,2 мл реактива Несслера. Появление через 5–10 мин. желтой окраски свидетельствует о присутствии в воде аммиака. Приближенное содержание определяют по таблице 4.

Таблица 4

Приближенное содержание азота аммиака

Окрашивание при осматривании сверху вниз	Содержание, мг/л	Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Содержание, мг/л
Нет	Менее 0,04	Светло-желтое Желтое	0,8 2,0
Слегка желтоватое	0,08	Интенсивно буро-желтое	4,0
Желтоватое	0,2–0,4	Бурое, раствор мутный	8,0 и выше

Количественное определение проводится колориметрическим способом в цилиндрах Генера или при использовании колориметрической шкалы. К определенному объему исследуемой воды прибавляют реактив Несслера, вследствие чего вода окрашивается в желтый цвет различной интенсивности, в зависимости от содержания в ней азота аммиака.

Пробу воды сравнивают со стандартным раствором хлористого аммония, содержащим определенное количество аммиака и также окрашенным в желтый цвет реактивом Несслера. Сравнение интенсивности окраски воды и стандартного раствора дает возможность рассчитать содержание аммиака в исследуемой воде.

Исследование с использованием цилиндров Генера. Количество исследуемой воды берут исходя из результатов качественной пробы с приближенной количественной оценкой. Допускаемая концентрация для колориметрирования находится в пределах 0,05–5 мг/л. При концентрации азота аммиака, не превышающей 5 мг/л, для исследования берут 100 мг воды. Если концентрация выше, то берут необходимый объем исследуемой воды, доводят его безаммиачной дистиллированной водой до 100 мл. Конечный результат увеличивают во столько раз, во сколько была разведена исследуемая вода.

Для исследования берут 2 цилиндра Генера. В цилиндр с меткой «И» (исследуемая вода) наливают 100 мл или другое необходимое количество воды и добавляют 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли. В цилиндр с меткой «С» (стандартный раствор) наливают 1 мл хлористого аммония, содержащего 0,05 мг азота аммиака, и доводят до 100 мл дистиллированной водой. Затем в оба цилиндра добавляют по 2 мл реактива Несслера. Через 5–10 мин. сравнивают окраску исследуемой воды с окраской стандарта. Для определения окраски цилиндра рассматривают на белом фоне под углом 45° к падающему свету. В том случае, если окраска в обоих цилиндрах будет одинаковой, то в 100 мл исследуемой воды содержится столько же азота аммиака, сколько в стандартном растворе, то есть 0,05 мг в 100 мл, а в 1 л – 0,5 мг. Если окраска неодинаковая, то ее уравнивают путем отливания жидкости через кран в чистую колбу из цилиндра с более интенсивно окрашенной жидкостью. При исследовании могут быть два варианта расчета.

Первый вариант – исследуемая вода окрашена более интенсивно, чем стандарт. Окраска стала одинаковой, когда отлили 40 мл исследуемой воды. Следовательно, в 60 мл исследуемой воды содержится столько же азота аммиака, сколько в 100 мл стандартного раствора, т.е. 0,05 мг.

Искомая величина рассчитывается из пропорций:
60 мл исследуемой воды содержит 0,05 мг азота аммиака;
1000 мл исследуемой воды – x мг азота аммиака

$$X = \frac{0,05 \cdot 1000}{60} = 0,83 \text{ мг/л}$$

В 1 л исследуемой воды содержится 0,83 мг азота аммиака.

Второй вариант – окраска стандартного раствора интенсивнее исследуемой воды. Она стала одинаковой при отливании 30 мл стандартного раствора. Следовательно, в исследуемой воде содержится столько же азота аммиака, сколько в 70 мл стандартного раствора. Искомая величина рассчитывается из пропорции:

100 мл стандартного раствора содержит 0,05 мг азота аммиака;
70 мл стандартного раствора содержит X мг азота аммиака.

$$X = \frac{0,05 \cdot 70}{100} = 0,035 \text{ мг}$$

В 1 л воды содержится азота аммиака в 10 раз больше, то есть 0,35 мг/л.

Исследование с использованием колориметрической шкалы.
Колориметрическое определение азота аммиака в воде может быть произведено в простейшем колориметре, состоящем из набора цилиндров объемом 100 мл. Для приготовления колориметрической шкалы в цилиндры добавляют стандартный раствор хлористого аммония, содержащий в 1 мл 0,01 мг азота аммиака. В цилиндр №1 добавляют 0,5 мл, в цилиндр № 2–1 мл, в цилиндр № 3–1,5 мл, в цилиндр № 4–2 мл, в цилиндр № 5– 2,5 мл и т.д.

Затем объем воды в цилиндрах со стандартным раствором хлористого аммония доводят до 100 мл дистиллированной водой и хорошо перемешивают стеклянной палочкой. После этого во все цилиндры приливают по 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли и по 2 мл реактива Несслера, вторично перемешивают.

50%-ная сегнетовая соль удерживает в растворе кальций, магний, железо, марганец, которые с реактивом Несслера образуют мусть и осадок, мешающие определению аммиака.

Исследуемую воду в количестве 100 мл наливают в цилиндр аналогичный цилиндрам стандартной шкалы.

В воду добавляют 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли, 2 мл реактива Несслера, перемешивают и через 10 мин. проводят колориметрирование.

Допустим, что интенсивность окраски исследуемой воды оказалась одинаковой с окраской в цилиндре № 4, содержащем 2 мл раствора хлористого аммония. Следовательно, в 100 мл исследуемой воды содержится $0,01 \cdot 2 = 0,02$ мг азота аммиака, в 1 л – 0,2 мг. Таким образом, содержание азота аммиака в исследуемой воде равно 0,02 мг/л.

✓ *Определение азота нитритов.*

Метод основан на образовании ярко окрашенных соединений при взаимодействии в кислой среде нитритов с реактивом Грисса, представляющим собой смесь альфанафтиламина и сульфониловой кислоты в уксусной среде. В зависимости от концентрации нитритов реактив дает краску от розового до ярко-красного. При подогревании воды процесс идет быстрее. Метод Грисса очень чувствителен и позволяет определить содержание азота нитритов до 0,001 мг/л. Определение проводят качественно и количественно.

✓ Качественное определение. В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, 0,5 мл реактива Грисса и нагревают на водяной бане в течение 5 мин. до 70–80°C. Появление розовой окраски свидетельствует о присутствии в воде азота нитритов. Приближенное содержание определяют по таблице 5.

Таблица 5

Приближенное содержание азота нитритов

Окраска при рассматривании сверху вниз	Содержание, мг/л	Окраска при рассматривании сверху вниз	Содержание, мг/л
Нет	Менее 0,001	Розовое	0,04
Слегка розоватое	0,002	Интенсивно-розовое	0,07
Слабо-розовое	0,004	Красное	0,2
Светло-розовое	0,02	Ярко-красное	0,4

Количественное определение проводят колориметрическим способом в цилиндрах Генера или по колориметрической шкале. К определенному объему исследуемой воды прибавляют реактив Грисса, вследствие чего вода окрашивается в различной интенсивности розовый цвет. Пробу воды сравнивают со стандартным раствором азотно-кислого натрия, содержащим определенное количество нитритов, и окрашенным в розовый цвет реактивом Грисса.

Сравнение интенсивности окраски испытуемой воды и стандартного раствора дает возможность рассчитать содержание нитритов в исследуемой воде.

Исследование с использованием цилиндров Генера. Объем исследуемой воды берут исходя из результатов приближенной количественной оценки. Допускаемая концентрация для колориметрирования находится в пределах 0,001–0,1 мг/л. При концентрации азота нитритов, не превышающих 0,1 мг/л для исследования берут 100 мл воды. Если концентрация выше, то подбирают необходимый объем и доводят его дистиллированной водой до 100 мл. Конечный результат увеличивают во столько раз во сколько была разведена исследуемая вода.

Для исследования берут 2 цилиндра Генера. В цилиндр с меткой «И» (исследуемая вода) наливают 100 мл или другое необходимое, исходя из результатов качественного анализа, количество исследуемой воды. В цилиндр с меткой «С» (стандартный раствор) вводят 3 мл стандартного раствора азотно-кислого натрия, содержащего в 1 мл 0,001 мг нитритов и доводят объем жидкости до 100 мл дистиллированной водой. Затем в оба цилиндра добавляют по 5 мл реактива Грисса и оставляют при комнатной температуре на 20 мин. или помещают в водяную баню при температуре 50–69°C на 10 мин.

После этого сравнивают окраску в обоих цилиндрах и в случае несовпадения окраски отливают жидкость из того цилиндра, в котором интенсивность окраски сильнее, до выравнивания окраски в обоих цилиндрах. Порядок расчета тот же, что и при определении аммиака.

Допустим, что в контрольный цилиндр с меткой «С» введены 3 мл стандартного раствора. Окраска в обоих цилиндрах стала одинаковой после того как из цилиндра со стандартным раствором было вылито 20 мл жидкости.

Если в 100 мл жидкости этого цилиндра содержалось 3 мл стандартного раствора, то есть 0,003 мг азота нитритов, то в оставшихся 80 мл будет: 0,0024 м.

100 мл стандартного раствора содержат 0,003 мг азота нитритов;
80 мл стандартного раствора содержат X мг азота нитритов.

$$X = \frac{0,003 \cdot 80}{100} = 0,0024 \text{ мг}$$

Так как уравнение окраски производилось с цилиндром, в котором было 100 мл исследуемой воды, значит в данном случае в 100 мл воды содержится 0,0024 мг азота нитритов, а в 1мл–0,024 мг.

Если интенсивность окраски исследуемой воды больше, чем стандартного раствора, воду отливают из цилиндра «И» до выравнивания окраски. Если окраска уравнилась при отливании 15 мл, то в 85 мл исследуемой воды содержится 0,003 мг азота нитритов, 1000 мл стандартного раствора содержат X мг азота нитритов.

$$X = \frac{0,003 \cdot 1000}{85} = 0,035 \text{ мг/л}$$

В 1 л содержится 0,035 мг азота нитритов.

Исследование с использованием колориметрической шкалы.
Определение азота нитритов в исследуемой воде проводится так же, как и определение азота аммиака в цилиндрах вместимостью 100 мл.

Для составления колориметрической шкалы в цилиндры добавляют стандартный раствор азотно-кислого натрия, содержащий в 1 мл 0,001 мг азота нитритов. В цилиндр № 1 добавляют 0,5 мл, в цилиндр № 2—1 мл, в цилиндр № 3—1,5 мл, в цилиндр № 4—2 мл, в цилиндр № 5—2,5 мл раствора. Затем объем жидкости в цилиндрах со стандартным раствором азотно-кислого натрия доводят до 100 мл дистиллированной водой и хорошо перемешивают стеклянной палочкой. После этого во все цилиндры прибавляют по 5 мл реактива Грисса, вторично перемешивают и через 29 мин. проводят колориметрирование.

Исследуемую воду в количестве 100 мл наливают в цилиндр, аналогичный цилиндрам стандартной шкалы, добавляют 5 мл реактива Грисса и перемешивают окраску через 20 мин сравнивают со стандартной шкалой. Если цилиндр поместить в водяную баню с температурой 50°–60°C, исследование можно проводить через 10 мин.

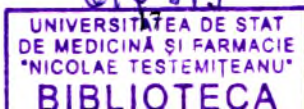
Допустим, что интенсивность окраски исследуемой воды оказалась одинаковой с окраской в цилиндре № 3, содержащем 1,5 мл раствора азотно-кислого натрия. Следовательно, в 100 мл исследуемой воды содержится $0,001 \cdot 1,5 = 0,0015$ мг азота нитритов, а в 1 л — 0,015 мг. Таким образом, содержание азота нитритов в исследуемой воде равно 0,015 мг/л.

Определение азота нитратов

Первый вариант. Метод основан на том, что азотно-кислые соли в присутствии фенола и серной кислоты образуют пикриновую кислоту, которую с помощью аммиака переводят в пикрилат аммония — соединение желтого цвета. Интенсивность окраски зависит от содержания в воде нитратов. Определение может проводиться качественно и количественно.

Качественное определение с приближенной количественной оценкой. В пробирку диаметром 13–14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, 1 мл дисульфифеноловой кислоты, которую выпускают из пипетки так, чтобы капли попадали на поверхность воды. Затем прибавляют 1 мл 10%-ного раствора аммиака. Содержимое пробирки

616919



перемешивают и через 20 мин. сравнивают степень окраски с данными таблицы 6, приблизительно определяют содержание азота нитратов.

Таблица 6

Приближенное содержание азота нитратов

Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Содержание, мг/л	Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Содержание, мг/л
Уловимое только при сравнении с контролем	0,5	Слабо-желтое Светло-желтое	5,0–10 25
Едва заметное желтое	1,0	Желтое	50
Очень слабо-желтое	3,0	Интенсивно-желтое	100

Количественное определение азота нитратов можно проводить в цилиндрах Генера или с использованием колориметрической шкалы.

Методика определения в цилиндрах Генера. В одну фарфоровую чашку наливают 10 мл исследуемой воды, в другую – 10 мл стандартного раствора. 1 мл которого содержит 0,1 мг азота нитратов. Содержимое первой и второй фарфоровых чашек выпаривают досуха. Затем в каждую чашку вносят 1 мл раствора дисульфобензоевой кислоты, тщательно растирают стеклянной палочкой. Через 5 мин. прибавляют 15 мл дистиллированной воды и 10 мл 10%-ного раствора аммиака. Появление желтого окрашивания указывает на наличие в воде нитратов.

После этого полученные окрашенные растворы переливают в соответствующие мерные колбы вместимостью 100 мл, ополаскивая чашки 2–3 раза дистиллированной водой, которую также сливают в колбу, и объем растворов доводят дистиллированной водой до метки – 100.

Окрашенные растворы переливают в цилиндры Генера. Исследование и расчет проводят так же, как при определении азота аммиака или нитритов, с той только разницей, что для исследования было взято не 100, а 10 мл воды.

Методика определения с использованием колориметрической шкалы. Подготовка воды и стандартного раствора аналогична описанной выше. Из мерной колбы окрашенную исследуемую воду переливают не в цилиндр Генера, а в колориметрический цилиндр вместимостью 100 мл с меткой «И». Колориметрическая шкала делается следующим образом. В цилиндр № 1 добавляют 0,5 мл стандартного раствора (раствор второй мерной колбы), обработанного дисульфобензоевой кислотой; 0,5 мл раствора содержит 0,005 мг азота нитратов. В цилиндр №2 добавляют 1 мл стандартного раствора.

содержащего 0,02 мг азота нитратов, в цилиндр № 4–3 мл, содержащего 0,03 мг азота нитратов и т.д. Во всех цилиндрах объем жидкости доводится до 100 мл.

Исследование и расчет проводят так же, как при определении азота аммиака или нитритов. При расчете на 1 л полученный при колориметрировании результат увеличивают в 100 раз, так как для исследования было взято 10 мл воды.

Определение азота нитратов

Второй вариант.

Качественная реакция. Реакция на соли азотной кислоты производится с дифениламином $[\text{HN}(\text{C}_6\text{H}_5)_2]$ или бруцином $\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_4$. Для этой цели в небольшую фарфоровую чашку наливают 2 мл испытуемой воды, бросают в нее с помощью стеклянной палочки несколько кристаллов дифениламина или бруцина и осторожно приливают несколько капель концентрированной химически чистой серной кислоты.

В присутствии солей азотной кислоты получается окрашивание: при реакции с дифениламином – синее (табл. 7), при реакции с бруцином – интенсивно-розовое, быстро переходящее в желтое.

В присутствии азотистой кислоты пользоваться дифениламином нельзя, так как он дает также синее окрашивание. При малых количествах солей азотной кислоты рекомендуется предварительно упарить воду на водяной бане, вследствие чего количество азотной кислоты во взятой пробе увеличивается и реакция проявляется значительно резче.

Определение окисляемости

Окисляемость обуславливается количеством органических веществ, находящихся в воде. Органические вещества могут образоваться в результате жизнедеятельности и распада организмов и растений, попадать в водоемы с ливневыми потоками. Но наибольшее их количество поступает со сточными водами. По окисляемости косвенно можно судить о загрязненности воды водоема сточными водами канализационной системы и в первую очередь фекально-хозяйственной канализации. Чем выше окисляемость, чем больше в воде органических веществ, тем значительно увеличивается вероятность, что вода заражена патогенной микрофлорой. Чистые воды имеют окисляемость 2–4 мг/л кислорода. Чем выше окисляемость, тем опаснее вода в эпидемическом отношении.

Принцип метода. Перманганат калия при кипячении в кислой среде разлагается с выделением свободного кислорода, который окисляет вещества. По количеству израсходованного кислорода судят об окисляемости воды.

Приближенное определение нитратов с дифениламином

Окрашивание после прибавления реактива	Содержание азота нитратов, мг/л
Через 5 мин. на границе жидкостей окрашивания нет	Меньше 0,1
Через 3–4 мин. на границе намечается едва заметная расплывчатая полоска лилового-серого цвета. Через 10 мин. полоска очень слабо окрашена.	0,1 0,5
В течение 1 мин. полоска слабо окрашивается в серовато-лиловатую, ширина – около 1 мм.	
Ясная полоска появляется сразу. Через 1–2 мин. – полоска синевато-лиловая с бледно-розовым оттенком по краям. Через 10 мин. – ширина полоски составляет около 2 мм, окрашивание то же.	1,0
Полоска лилово-синяя, компактная, шириной 0,5 мм. Через 1–2 мин. – полоска светло-синяя, шириной около 2 мм. Снизу заметно отслоение. Полоска синяя, компактная, около 1 мм. Через 1–2 мин. полоска расслаивается и сверху появляется очень слабый оттенок. Слой – синий, белый, синий.	2,0
Через 10 мин. общая ширина расслоенной полоски составляет около 2,5–3 мм. Верхняя часть ее окрашена в грязно-зеленый цвет.	5,0
Полоска синяя, компактная, расслаивается сразу. Сверху окрашивается в грязно-зеленый цвет, через 5 мин. приобретает буроватый оттенок. Через 10 мин. Общая ширина прослойки 4–5 мм. Верхний буроватый слой слегка отслаивается.	10,0
Полоска ярко-синяя, расслоенная, шириной 2–4 мм. Верхняя часть окрашивается в грязно-зеленый цвет, быстро приобретающий буроватый оттенок. Водный слой над полоской слегка окрашен в желтый цвет.	20,0
Через 10 мин. – 5 слоев, шириной 5–6 мм. Полоска темно-синяя, шириной 5–6 мм, сверху тотчас же буреет. Водный слой буровато-желтый. Слой серной кислоты отчетливо голубой. Общая ширина расслоенной полосы 7–8 мм.	100,0

Методика определения. В коническую колбу вместимостью 250 мл наливают 100 мл исследуемой воды, добавляют 5 мл 25%-ной серной кислоты, 10 мл 0,01 н раствора марганцово-кислого калия и, накрыв колбу стеклом, нагревают до кипения.

Необходимо проследить за тем, чтобы лилово-розовый оттенок сохранялся до конца кипячения. Если жидкость обесцветилась или быстро побурела, значит исследуемая вода имеет высокую окисляемость и добавленный марганцово-кислый калий израсходовался целиком. В этом случае исследуемую воду необходимо разбавить и учесть это в дальнейших расчетах. Без разбавления можно определить окисляемость до 10 мг/л кислорода. Наивысшее допустимое разбавление проб десятикратное. Это означает, что метод можно использовать для проб, окисляемость которых ниже 100 мг/л кислорода.

После 10-минутного кипячения добавляют 10 мл 0,01 н раствора щавелевой кислоты. При этом раствор обесцветивается, так как оставшийся в воде марганцово-кислый калий идет на окисление щавелевой кислоты. Поскольку щавелевая кислота была введена в избытке, она оттитровывается 0,01 н раствором марганцово-кислого калия до появления слабо-розового окрашивания.

$$X = \frac{(y_1 - y_2) \cdot K \cdot 0,08 \cdot 1000}{y}$$

где X – искомая окисляемость в миллиграммах кислорода на 1 л воды;

y_1 – общее количество мл 0,01 н раствора марганцово-кислого калия, израсходованного при исследовании 100 мл воды;

y_2 – количество мл 0,01 н раствора марганцово-кислого калия, израсходованного на титрование;

0,08 – количество кислорода, выделяемое 1 мл 0,01 н раствора марганцово-кислого калия;

y – объем воды, взятый для исследования;

1000 – пересчет на 1 л;

K – поправочный коэффициент титра раствора марганцово-кислого калия.

Пример. На титрование 100 мл исследуемой воды после кипячения с раствором марганцово-кислого калия и последующего прибавления 10 мл раствора щавелевой кислоты израсходовано 4 мл 0,01 н раствора марганцово-кислого калия. Поправочный коэффициент марганцово-кислого калия 0,9.

Определить окисляемость:

$$X = \frac{(14 - 10) \cdot 0,9 \cdot 0,08 \cdot 1000}{100} = 2,88 \text{ мг/л}$$

Окисляемость исследуемой воды 2,9 мг/л кислорода.

Определение хлоридов

Хлориды встречаются во всех природных водах, попадая в них из почвы. Но хлориды могут поступать в водоем и с канализационными водами, так как являются составной частью мочи. Важно знать не абсолютное количество хлоридов, а изменение их в динамике. Если для водоема характерно содержание хлоридов в количестве 10 мг/л, а в какие-то дни оно увеличивается до 50 или 100 мг/л, то ясно, что имело место попадание хлоридов извне либо с бытовыми, либо с промышленными сточными водами. По ГОСТу в воде может содержаться не более 350 мг/л хлоридов. Лимитирующим фактором является изменение органолептических свойств, так как большинство людей при содержании хлоридов в количестве более 350 мг/л ощущает солоноватый вкус воды.

Определение хлоридов проводят с помощью качественной и количественной реакций.

Качественное определение. В пробирку наливают 10 мл воды, подкисляют несколькими каплями разбавленной 1:4 азотной кислоты и прибавляют 3–5 капель 10%-ного раствора азотно-кислого серебра. В присутствии 1–10 мг/л хлоридов образуется слабая белая муть, при 10–50 мг/л – сильная муть, при 100 мг/л – белый творожистый осадок хлорида серебра.

Количественное определение. Метод основан на реакции осаждения хлоридов азотно-кислым серебром в присутствии индикатора хромово-кислого калия, который, связываясь с избыточным количеством азотно-кислого серебра, вызывает переход лимонно-желтой окраски в кирпично-красную, что указывает на конец титрования.

Методика определения. В колбу наливают 100 мл исследуемой воды, добавляют 1 мл 10%-ного раствора хромово-кислого калия и титруют раствором азотно-кислого серебра, 1 мл которого осаждает 1 мг хлор-иона. Количество миллилитров азотно-кислого серебра, израсходованного на титрование, умножают на 10 и получают количество мг/л хлоридов.

Пример. На титрование 100 мл исследуемой воды израсходовано 0,7 мл раствора азотно-кислого серебра:

$$0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мг/л хлоридов}$$

Определение общей жесткости

Жесткость воды обуславливается растворенными в ней солями кальция и магния, главным образом в виде карбонатных, а также сернокислых, азотно-кислых, хлористых соединений.

Жесткость воды влияет на моющие свойства мыла, образует накипь в котлах. Эти отрицательные свойства жесткости воды легли в основу оценки ее качества. До сих пор нет единого мнения: полезна или вредна жесткая вода для людей. ГОСТ лимитирует жесткость воды исходя из удобства использования ее для промышленных и бытовых нужд.

Жесткость может быть постоянной и общей. Временная жесткость обусловлена карбонатами кальция и магния, растворенными в воде. Во время кипячения они выпадают в осадок, образуя накипь, вода становится мягче. Поэтому иногда временная жесткость называется устранимой. Постоянная жесткость обусловлена соединениями кальция и магния со всеми другими анионами (хлором, сульфатами, фосфором). Она не устраняется при кипячении. Общая жесткость складывается из временной и постоянной. По ГОСТу она не должна быть выше 7 мг-экв/л. Наиболее точным и распространенным методом определения общей жесткости воды является комплексометрический.

Принцип метода. Если в воду, содержащую ионы кальция и магния, ввести индикатор – эриохром черный, то он образует с ними вишнево-красное комплексное соединение. Трилон Б при pH 8–10 образует вначале с ионами, затем с ионами магния прочные комплексные соединения. При титровании трилон Б, соединяясь с ионами кальция и магния, вытесняет индикатор, который в свободном виде приобретает синюю окраску. Переход вишнево-красной окраски в синюю произойдет в точке эквивалентности, то есть когда добавленное количество раствора трилона Б полностью свяжет ионы кальция и магния в прочный комплекс. По количеству израсходованного на титрование трилона Б определяют общую жесткость.

Методика определения. В коническую колбу вместимостью 250 мл наливают 100 мл исследуемой воды, затем прибавляют 5 мл буферного раствора, 5–7 капель спиртового раствора индикатора эриохрома черного. При этом образуется вишнево-красная окраска. Титруют при взбалтывании 0,05 н раствором трилона Б до появления сине-зеленой окраски. Общую жесткость воды в миллиграмм-эквивалентах на литр вычисляют по формуле:

$$X = \frac{a \cdot n \cdot k \cdot 1000}{y}$$

где а – количество миллилитров раствора трилона Б, израсходованного на титрование;

п – нормальность раствора трилона Б;

к – поправочный коэффициент трилона Б;

100 – расчет полученного результата на 1 л воды.

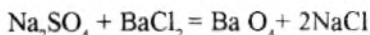
Пример. На титрование 100 мл исследуемой воды израсходовано 6 мл 0,05 н раствора трилона Б. Поправочный коэффициент трилона Б 0,8.

$$X = \frac{6 \cdot 0,05 \cdot 0,8 \cdot 1000}{100} = 2,4 \text{ мг-экв/л}$$

Общая жесткость исследуемой воды составляет 2,4 мг-экв/л.

Определение солей серной кислоты (сульфатов)

Качественная реакция. Серная кислота находится в воде в связанном состоянии, преимущественно с кальцием (CaSO_4) щелочными металлами (Na_2SO_4 , K_2SO_4). Определение сульфатов проводят с помощью хлористого бария BaCl_2 , который осаждает серно-кислые соли в виде белого кристаллического осадка серно-кислого бария BaSO_4 , не растворимого в соляной кислоте.



Белый осадок от хлористого бария могут давать также углекислые, фосфорно-кислые и некоторые другие соли; для предотвращения этого необходимо предварительно прибавить соляную кислоту, которая переводит указанные соли в хлористые, и они в дальнейшем не мешают реакции определения солей серной кислоты.

Для определения наливают треть пробирки испытуемой воды, прибавляют 2–3 капли соляной кислоты и несколько капель 10%-ного раствора хлористого бария и нагревают до кипения. Появление белой мути, быстро выпадающей в осадок, указывает на содержание в воде солей серной кислоты.

Для доказательства того, что образование осадка произошло за счет серно-кислых солей, прибавляют в пробирку около 1 мл соляной кислоты: если осадок не растворяется, значит он действительно состоит из серно-кислого бария.

Определение железа

В исследуемую воду добавляют 2 капли концентрированной серной кислоты, стеклянную ложечку персульфата аммония или калия и 1–2 капли перекиси водорода, затем пробирку нагревают в течение 10 мин. на кипящей водяной бане. После охлаждения в пробирку добавляют 4–5 капель 50%-ного раствора роданистого аммония или

калия, перемешивают и через 3 мин. определяют приближенное содержание железа по табл. 8

Таблица 8

Определение ион-железа

Цвет при рассматривании сверху вниз	Содержание железа, мг/л
Окрашивания нет	Отсутствует или меньше 0,05
Очень слабо-желто-розовый	0,1
Слабо-желтовато-розовый	0,25
Желтовато-розовый	0,5
Желтовато-красный	2,5
Ярко-красный	5,0

Определение фтора (фтор-иона)

Принцип метода. Колориметрическое определение фтора в воде основано на способности фтор-иона изменять ярко-розовую окраску кислого циркон-ализаринового индикатора на слабо-желтую (цвет ализарина) вследствие образования прочного бесцветного фторидного комплекса.

Методика определения. К 100 мл прозрачной пробы воды или к небольшому объему пробы, разбавленной дистиллированной водой до 100 мл, чтобы обеспечить необходимые условия определения (до 1,4 мг/л фтора при визуальной колориметрии и 2,5 мг/л фтора при фотометрии), добавляют по 5 мл раствора ализарина и 5 мл кислого раствора хлорида цирконила. Смесь тщательно перемешивают и оставляют на 60 мин.

При визуальной колориметрии одновременно готовят ряд стандартов, содержащих различные, но известные количества фтора. Для этого в цилиндры Несслера вместимостью 100 мл вносят 0; 1; 2; 3 30 мл рабочего стандартного раствора фторида натрия и доводят объем дистиллированной водой до метки. Получают шкалу стандартных растворов с содержанием 0; 0,05; 0,1; 0,15 1,5 мг/л фтора. С окраской приготовленных растворов сравнивают налитую в другой цилиндр пробу воды в объеме 100 мл или разведение ее в дистиллированной воде. Содержание фтор-иона в воде вычисляют по формуле:

$$X = \frac{a \cdot 100}{V'}$$

где X – содержание фтора в воде, мг/л;

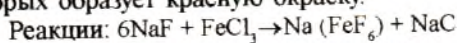
a – концентрация фторидов, найденная по стандартным растворам или по калибровочной кривой, мг/л;

V' – объем анализируемой пробы, мл.

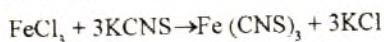
При колориметрии на ФЭК измеряют оптическую плотность раствора, пользуясь зеленым светофильтром 520–550 нм и кюветами 1–2 см, и определяют концентрацию фтора калибровочным методом.

Для приготовления калибровочной кривой в ряд колб наливают 0, 1; 3; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50 мл рабочего стандартного раствора и доводят объем жидкости в каждой колбе до 100 мл дистиллированной водой. Приготовленные растворы соответствуют концентрациям 0; 0,05; 0,15... 2,5 мг/л фторидов. Через 1 ч после реактивов измеряют оптическую плотность и результаты наносят на график в соответствии с концентрациями растворов. Калибровочную кривую составляют заново после каждого приготовления новых растворов ализарина и соли циркония.

Содержание фтора в воде можно определить также упрощенным колориметрическим методом. Принцип метода основан на реакции между фтором и трехвалентным железом с образованием комплексного бесцветного соединения, не реагирующего с роданидами, остаток которых образует красную окраску.



бесцветное соединение



соединение красного цвета

Методика определения. Согласно таблице 9, готовят на каждом рабочем месте шкалу стандартного ряда и исследуемую воду. Сравнивают окраску исследуемой воды со стандартным рядом. Содержание фтора в литре исследуемой воды, исходя из его количества в совпадающей по цвету пробирке шкалы, рассчитывают по формуле:

$$\text{мг F/л} = \text{колич. мг F в 100 мл} \cdot 100$$

Таблица 9

Шкала стандартного ряда и исследуемой воды

Растворы (в мл), проба	Номера пробирок							7-ая проба
	0	1	2	3	4	5	6	
Дистиллиров. вода, мл	10	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	10 мл исследуемой воды
А ст. р-р, 1 мл = 0,01 мл NS	—	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	— "—" —
1% КС, мл	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5% (капли FeCl)	3	3	3	3	3	3	3	
Количество мг в 10 мл	0	0,005	0,001	0,015		0,03	0,04	

Оценивают полученный результат. На трех рабочих местах, где количество фтора окажется ниже при нормируемой величине (0,7–1,5 мг/л), рассчитывают необходимое количество соли, а на 1 л воды для ее фторирования пользуются следующей пропорцией:

$$X = \frac{\text{NaF} - F}{23 + 19 - 19} \cdot x - (1,2 - n) \text{ мг/л Na F,}$$
$$X = \frac{(23 + 19) \cdot (1,2 - n)}{19} \text{ мг/л Na F,}$$

где n – найденное количество F;

1,2 – оптимальное содержание F в мг/л;

(23 + 19) – грамм + молекулярный вес.

На тех рабочих местах, где найденная концентрация больше 1,5 мг/л, делают вывод о том, что данную воду следует подвергнуть дефторированию, пропустив ее через ионообменный фильтр (анионит).

1. Гигиенические нормативы качества воды

Для оценки качества воды были разработаны Государственные стандарты (ГОСТы). ГОСТ «Вода питьевая» предназначен для оценки качества водопроводной воды, которая используется для хозяйственно-питьевых нужд, в лечебных и детских учреждениях, на предприятиях общественного питания, для поддержания личной гигиены. Требованиям этого ГОСТа должно соответствовать и качество горячей воды при централизованном водоснабжении.

ГОСТ регламентирует 3 группы показателей:

1. Органолептические показатели:

а) запах при температуре 20°C – не более 2°;

б) вкус при температуре 20°C – не более 2°;

в) цвет, при температуре 20°C – не более 2°;

г) вода не должна содержать водорослей или нерастворимых соединений (пленок).

Органолептические показатели определяются при помощи органов чувств.

Вкус обусловлен минеральными и органическими веществами, растворенными в воде. Он не должен быть специфическим.

Запах воды зависит от содержания в ней летучих веществ и растворенных газов. В глубоких подземных водах запах обусловлен почвой и эти воды не представляют опасности для здоровья, тогда как специфические запахи поверхностных вод указывают на их свежее загрязнение, а иногда и токсическими веществами.

Цвет воды зависит от растворенных в ней веществ и может указывать на наличие токсических веществ.

II. Химические показатели качества воды

а) Химические вещества, влияющие на органолептические свойства воды.

Содержание минеральных веществ не должно влиять на органолептические свойства воды.

Таблица 10

Допустимая концентрация химических веществ (природных или добавленных при обработке воды), влияющих на органолептические свойства воды

Показатели	Допустимые величины
Сухой остаток, мг/л	1000
Сульфаты, мг/л	500
Хлориды, мг/л	350
Общая жесткость, мг экв/л	7,0
Железо, мг/л	0,3
Марганец, мг/л	0,1
Медь, мг/л	1,0
Цинк, мг/л	5,0
Полифосфаты, мг/л	3,5
Остаточный алюминий, мг/л	0,5
Остаточный хлор (связанный), мг/л	1,2
Остаточный хлор (свободный), мг/л	0,5

б) Вредные химические вещества, перечень которых представлен в таблице 11.

Таблица 11

Вредные химические вещества природного происхождения или добавленные при обработке воды

Вещество	Допустимые величины, мг/л
Бериллий	0,0002
Молибден	0,25
Мышьяк	0,5
Нитраты	45,0
Свинец	0,03
Селен	0,001
Стронций	7,0
Фтор для климатических зон:	
I, II	1,5
III	1,2
IV	0,7
Полиакриламид (остаточный)	2,0
Алюминий (остаточный)	0,5
Гидродин-гидрат	0,01

в) Химические вещества, попадающие в воду с промышленными или сельскохозяйственными сточными водами, которые не были обработаны. Перечень ПДК этих веществ был опубликован главным управлением санитарно-эпидемиологической службы Министерства Здравоохранения Республики Молдова.

III. Бактериологические показатели качества воды.

Основное условие бактериологической безопасности воды – отсутствие патогенной флоры. Но отсутствие адекватных методов идентификации, их трудоемкость диктуют необходимость использования косвенных показателей, таких как:

- общее микробное число;
- коли-индекс.

Нормативы бактериологических показателей даны в таблице 12.

Таблица 12

Бактериологические показатели качества воды

Показатели	Нормативы (не более)
Общее микробное число при централизованном водоснабжении:	
– с дезинфекцией воды	20
– без дезинфекции воды	100
Коли-индекс	3

При возникновении инфекционных заболеваний водного происхождения помимо указанных показателей определяются: энтерококк, спорообразующие группы клостридий, бактериофаги, патогенные и условно-патогенные микроорганизмы.

При децентрализованном водоснабжении, то есть при использовании воды из колодцев, к качеству воды не могут быть предъявлены такие жесткие требования, как в ГОСТе «Вода питьевая». В санитарной практике используют нормативы для оценки качества воды из децентрализованных водоисточников (табл. 13).

Нормативы для оценки качества воды при децентрализованном водоснабжении

Показатели	Нормативы
Прозрачность, см	не менее 30
Цвет, °	не более 30
Запах, вкус, балл	до 2-3
Общая жесткость, мг-экв/л	до 10
Фтор, мг/л	до 1,2
Нитраты, мг/л	до 45 (в пересчете на азот – до 10)
Химические показатели загрязнения:	
окисляемость, мг O ₂ / л	до 4
аммиак, мг/л	до 0,1
нитраты, мг/л	до 0,002
Бактериологические показатели:	
микробное число	300
коли-индекс	10

Отбор проб воды для проведения химического и бактериологического анализа

Пробы из открытых водоемов должны отбираться в месте предполагаемого забора воды как с поверхности, так и с той глубины, которая намечается для будущего водозабора, а при существующем водозаборе – непосредственно после насосов, связанных с водозабором.

Пробы воды подземных источников должны отбираться из того водоносного горизонта, из которого намечается в будущем водозабор, а при существующем водозаборе (скважина, колодец, каптаж) – из источника, который используется для водоснабжения.

При отборе из водопроводных кранов для химического анализа проводится свободный выпуск воды при полном открытии кранов в течение не менее 10 мин, для бактериологического анализа – перед выпуском воды кран стерилизуется обжиганием пламенем спиртовки.

Пробы воды для определения химического состава необходимо отбирать в чистую посуду. Пробы воды отбирают в бутылку с притертой стеклянной или корковой пробкой вместимостью от 2 до 5 л в зависимости от характера анализа. Бутылку 2-3 раза ополаскивают водой и наполняют до верха, оставляя воздушное пространство между водой и пробкой 10-15 мм. При невозможности сделать анализ в ближайшие 2-4 ч необходимо произвести консервацию проб.

Пробы воды для бактериологического анализа отбирают в стерильные флаконы вместимостью 0,5 л. Флаконы открывают непосредственно перед отбором пробы. Бумажный колпачок с флакона снимают вместе с пробкой, не касаясь ее руками. Наполняют флакон водой с таким расчетом, чтобы при транспортировке не замочить пробку. Исследование воды должно быть проведено не позже чем через 2 ч после ее отбора. Если эти условия выполнить невозможно, допускается проводить анализ не позже чем через 6 ч после отбора пробы при условии хранения последней при температуре от 1° до 5°С.

Пробы воды сопровождаются документом, в котором указывается место расположения водозабора (крана), из которого взята проба, дата, час, условия транспортировки, цель исследования. Сопроводительный документ должен быть подписан должностным лицом, проводящим отбор, с указанием его места работы и должности.

Ситуационные задачи

1. Оценить соответствие показателей качества исследуемой воды согласно требованиям ГОСТа «Вода питьевая» и дать заключение о возможности использования ее в питьевых целях.

При лабораторном исследовании воды установлено: число микроорганизмов в 1 мл – 120; коли-индекс – 4; нитриты – 52 мг/л, фтор – 0,7 мг/л, сухой остаток – 690 мг/л, хлориды – 320 мг/л, сульфиты – 300 мг/л, железо – 0,2 мг/л, общая жесткость – 6 мг-экв/л, запах при 20°С – 2 балла, привкус – 3 балла, мутность – 1,8 мг/л, прозрачность – 25 см, рН – 6,7.

2. Дать санитарно-гигиеническую оценку качества воды. Вода из глубокой/более 150 м/подземной скважины подается в распределительную сеть без обработки. При лабораторных исследованиях установлены следующие показатели воды:

Прозрачность – 30 см	Микробное число – 20
Цветность – 20°	Коли-индекс – 3
Привкус – 1 балл	Мутность – 0,6 мг/л
Сухой остаток – 1050 мг/л	Запах – 1 балл
Хлориды – 340 мг/л	Рн – 7,6
Фтор – 0,7 мг/л	Сульфаты – 270 мг/л
Азот аммонийный – 0,15 мг/л	Общая жесткость – 10 мг-экв/л
Азот нитратов – 0,3 мг/л	Окисляемость – 3,2 мг O ₂ /л

3. На территории строительства будущего населенного пункта заложена артезианская скважина дебитом до 20 м³/ч.

Показатели качества воды следующие:

Азот аммиака – 0,05 мг/л	Коли-индекс – 3
Азот нитритов – 0,002 мг/л	Запах сероводорода – 3
Хлориды – 300 мг/л	Цвет – темный
Сульфаты – 250 мг/л	Окисляемость – 8,5 мг/л O ₂
Железо – 2,2 мг/л	Общая жесткость – 7,5 мг-экв/л
Фтор – 1,5 мг/л	

Ваши рекомендации по использованию скважин.

4. Дать гигиеническую оценку качества воды.

Вода из поверхностного водисточника обрабатывается на водопроводной станции. Данные лабораторного исследования воды перед ее подачей в сеть следующие:

Прозрачность – 30 см	Мутность – 1 мг/л
Цветность – 30°	Запах – 2 балла
Привкус – 2 балла	pH – 6,9
Сухой остаток – 400 мг/л	Жесткость – 7 мг-экв/л
Железо общее – 0,8 мг/л	Хлориды – 150 мг/л
Сульфаты – 190 мг/л	Фтор – 0,7 мг/л
Азот аммонийный – 0,05 мг/л	Коли-индекс – 3
Азот нитратов – 2 мг/л	Остаточный хлор – 0,7 мг/л
Микробное число – 100	

5. Дать гигиеническую оценку качества воды шахтного колодца. Данные анализа воды:

Прозрачность – 30 см, цветность – 30°, привкус – 2 балла, жесткость – 6,8 мг-кв/л, сухой остаток – 600 мг/л, железо общее – 0,3 мг/л, хлориды – 190 мг/л, сульфаты – 150 мг/л, азот аммонийный – 0,1 мг/л, микробное число – 380, коли-индекс – 10, запах неопределенный – 3 балла, окисляемость – 4 мг/л O₂.

6. Дать гигиеническую оценку качества воды из скважины, расположенной на территории сельского населенного пункта. Вода из скважины используется без обработки. Данные анализа воды:

Прозрачность – 30 см, цветность – 25°, запах – 2 балла, привкус – 1 балл, сухой остаток – 900 мг/л, общая жесткость – 9,9 мг-экв/л, железо общее – 1,0 мг/л, сульфаты – 400 мг/л, хлориды – 200 мг/л, азот аммонийный – 0,1 мг/л, микробное число – 50, коли-индекс – 3, окисляемость – 2 мг/л O₂.

7. При лабораторном исследовании воды установлено: число микроорганизмов в 1 мл – 86, коли-индекс – 2, мышьяк – 0,5 мг/л, нитраты – 6 мг/л, свинец – 0,8 мг/л, фтор – 1 мг/л, сухой остаток – 860 мг/л, хлориды – 68 мг/л, сульфаты – 180 мг/л, железо – 0,2 мг/л, общая жесткость – 6 мг-экв/л, запах – 1 балл, привкус 4 балла, цветность – 15, мутность – 0,7 мг/л.

Оценить соответствие показателей качества исследуемой воды требованиям ГОСТа и дать заключение о возможности использования ее в питьевых целях. В случае невозможности использования воды для питья, указать показатели, несоответствующие требованиям ГОСТа «Вода питьевая».

8. Оценить соответствие показателей качества исследуемой воды требованиям ГОСТа и дать заключение о возможности использования ее в питьевых целях. В случае невозможности использования воды для питья, указать показатели, не соответствующие требованиям ГОСТа «Вода питьевая».

При лабораторном исследовании воды установлено: число микроорганизмов в 1 мл – 90, коли-индекс – 2, мышьяк – 0,02 мг/л, нитраты – 5 мг/л, свинец – 0,03 мг/л, фтор – 0,1 мг/л, цинк – 2,8 мг/л, сухой остаток – 600 мг/л, хлориды – 50 мг/л, сульфаты – 88 мг/л, железо 0,03 мг/л, жесткость – 8,3 мг-экв/л, запахи и привкус – 0 баллов, цветность – 12°, мутность – 1,1 мг/л.

9. При лабораторном исследовании воды установлено: число микроорганизмов в 1 мл – 100, коли-индекс – 3, молибден – 0,3 мг/л, нитраты – 8,0 мг/л, свинец – 0,08 мг/л, фтор – 5 мг/л, сухой остаток – 980 мг/л, хлориды – 34 мг/л, сульфаты – 630 мг/л, железо – 0,2 мг/л, медь – 0,3 мг/л, общая жесткость – 6,5 мг-экв/л, запах – 2 балла, привкус – 4 балла, цветность – 27°, мутность – 1,7 мг/л, pH – 6,1.

Оценить соответствие показателей качества исследуемой воды требованиям ГОСТа и дать заключение о возможности использования ее в питьевых целях.

10. При лабораторном исследовании воды установлено: число микроорганизмов в 1 мл – 85, коли-индекс – 3, мышьяк – 0,02 мг/л, нитраты – 4,5 мг/л, свинец – 0,03 мг/л, фтор – 0,2 мг/л, бериллий – 0,008 мг/л, сухой остаток – 550 мг/л, хлориды – 80 мг/л, сульфаты – 240 мг/л, железо – 0,01 мг/л, медь – 0,6 мг/л, общая жесткость – 4,8 мг-экв/л, запах и привкус – 1 балл, цветность – 15°, мутность – 1,2 мг/л, pH – 7,3.

Оценить соответствие показателей качества исследуемой воды требованиям ГОСТа и дать заключение о возможности использования ее в питьевых целях.

11. При лабораторном исследовании воды установлено: число микроорганизмов в 1 мл – 65, коли-индекс – 3, нитраты – 7,0 мг/л, свинец – 0,01 мг/л, хлориды – 80 мг/л, сульфаты – 230 мг/л, железо – 0,1 мг/л, медь – 3,0 мг/л, цинк – 7,3 мг/л, общая жесткость – 6,1 мг-экв/л, запах – 2 балла, привкус – 3 балла, цветность – 24°, мутность – 1,2 мг/л, pH – 4,6. Оценить соответствие показателей качества исследуемой воды требованиям ГОСТа и дать заключение о возможности использования

ее в питьевых целях.

12. Содержание фтора в воде артезианской скважины № 1 – 0,4 мг/л, № 2 – 0,8 мг/л, № 3 – 1,8 мг/л. Дайте рекомендации по рациональному использованию скважин. Какие скважины пригодны для питьевого водоснабжения, какие для технического?

13. Дать обоснованные предложения о необходимости фторирования воды в городе, если известно, что население потребляет воду из водопровода, осуществляющего забор ее из реки Днестр. Распространенность кариеса у детей в возрасте 12 лет составляет 85%, интенсивность кариеса – 3,5.

14. В городе Ч. в течение последних 10 лет проводилось фторирование воды. До внедрения фторирования из 300 осмотренных школьников 12 лет кариес зубов был обнаружен у 120 человек. При этом было обнаружено 640 кариозных зубов у всей группы обследуемых. Фторирование воды производилось дозой фтора 0,5–0,6 мг/л.

Спустя 10 лет при осмотре полости рта у 550 подростков 12 лет обнаружено, что кариесом поражено 189 человек и при этом в обследуемой группе выявлено 720 кариозных зубов. Оценить профилактическую эффективность фторирования питьевой воды и дать предложения по его совершенствованию.

15. При осмотре 240 школьников 5–8 классов, проживающих в населенном пункте, жители которого пользуются водой с концентрацией фтора 0,3 мг/л, выявлено 220 кариозных зубов у 90 человек. Среднее содержание фтора в суточных рационах питания школьников – 0,8 мг. Дайте рекомендации о целесообразности фторирования питьевой воды в данном населенном пункте.

16. Пораженность постоянных зубов кариесом у школьников 16 лет составляет 21,5% при показателе кариозности (количество кариозных зубов на одного обследованного) – 0,9. Содержание фтора в суточном рационе составляет 1,2 мг. Население употребляет воду из артезианского водопровода, в воде которого содержится 0,75 мг/л фтор-иона.

Следует ли фторировать воду в данном поселке с целью снижения заболеваемости кариесом зубов среди населения?

Тема: Методы улучшения качества питьевой воды

Цель занятия

- Учебная:* 1. Ознакомить студентов с основными методами улучшения качества питьевой воды.
2. Научить студентов методике обеззараживания питьевой воды.

Исходные знания и умения

Знать: 1. Гигиенические требования к качеству питьевой воды и показатели ее качества.

2. Гигиеническую характеристику различных источников водоснабжения.

3. Системы водоснабжения, основные элементы централизованной системы, способы очистки, обеззараживания и специальные методы улучшения качества воды.

Уметь: Проводить мероприятия по профилактике инфекционных и неинфекционных заболеваний, связанных с использованием недоброкачественной воды.

Подготовиться к ответам на вопросы:

1. Основные методы улучшения качества воды.

2. Отстаивание и фильтрование воды (горизонтальные и вертикальные отстойники. Медленные и быстрые фильтры, фильтры АКХ, со взвешенным слоем, контактные осветители).

3. Осветление воды коагулированием; факторы, определяющие его эффективность, методы выбора дозы коагулянта.

4. Методы обеззараживания воды.

5. Обеззараживание воды нормальными дозами хлора. Сущность метода, его достоинства и недостатки.

6. Методы определения хлорпоглощаемости воды, остаточного хлора.

7. Способы обеззараживания при децентрализованном водоснабжении. Хлорирование воды в колодцах.

Самостоятельная работа студентов

1. Посещение сооружений водопроводной станции ДВС-2 под руководством преподавателя.

2. Описание схемы технологического процесса очистки и обеззараживания питьевой воды на водопроводной станции в протокольных тетрадах.

3. При отсутствии транспорта в протокольных тетрадах занятия проводятся в учебной лаборатории кафедры. В таком случае самостоятельная работа предусматривает:

– коагулирование воды;

– хлорирование воды нормальными дозами;

– оформление протокола с заключением по полученным данным.

Практические навыки

Уметь обосновать рекомендации по улучшению качества воды.

Учебно-исследовательская работа студентов

Составление рекомендаций по улучшению качества воды, направленных на профилактику инфекционных и неинфекционных заболеваний, передающихся водным путем.

Отчет о проведенной работе

Протокол занятия оформляется по следующей форме:

1. При посещении очистных сооружений водопроводной станции в протокольных тетрадах фиксируются:

- а) схема технологического процесса очистки и обеззараживания воды на ДВС-2 (головные сооружения водопровода);
- б) объем лабораторного контроля за качеством воды;
- в) зоны санитарной охраны водопровода.

2. При выполнении работы в учебной лаборатории кафедры студенты оформляют протокол занятия по форме:

1. Коагулирование воды:

- карбонатная жесткость воды _____ мг-экв/л;
- расчетная доза коагулянта _____ мг/л;
- экспериментально установленная доза коагулянта _____ мг/л;
- количество сухого коагулянта, необходимое для коагулирования 1 м³ воды.

2. Хлорирование воды (опытное хлорирование):

- активность хлорной извести _____ %;
- величина остаточного хлора _____ мг/л;
- хлорпоглощаемость воды _____ мг/л;
- доза хлора _____ мг/л;
- расчет дозы хлора для 1³ воды.

3. Заключение

ИНСТРУКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ

Методы улучшения качества питьевой воды

Осветление воды (коагулирование). Очистка воды от взвешенных веществ только путем отстаивания требует значительного времени, иногда 6–8 ч.

Для ускорения процессов отстаивания используют химические вещества, называемые коагулянтами. Ими могут быть серно-кислый алюминий, серно-кислое железо, хлорное железо.

Наиболее часто в качестве коагулянта применяют серно-кислый

алюминий. Добавленный в воду, он в присутствии карбонатов и гидрокарбонатов кальция и магния дает гидроокись алюминия в виде студенистых, хлопьевидных сгустков, имеющих большую активную поверхность. Хлопья оседают на дно и увлекают за собой взвешенные вещества и частично бактерии. Вследствие этого вода довольно быстро осветляется. Не успевшие осесть мелкие хлопья задерживаются при последующей фильтрации.

Процессу коагуляции способствует щелочная реакция воды, зависящая от количества бикарбонатов кальция и магния, повышенное содержание взвешенных веществ, оптимальная температура воды и правильно выбранная доза коагулянта.

Выбор дозы коагулянта. При очистке воды путем коагулирования требуется, как уже отмечалось, выбрать дозу коагулянта. При недостаточном количестве взятого коагулянта образуется мало хлопьев, что снижает эффективность очистки воды. Большие дозы в результате того, что не весь коагулянт вступил в реакцию, приводят ко вторичному появлению муты в осветленной воде (вода может приобрести кислотоватый вкус).

Дозу коагулянта устанавливают опытным путем. Перед коагулированием воды надо определить устранимую жесткость, так как от нее зависят скорость и полнота реакции.

Установлена прямая зависимость между дозой коагулянта – 1%-ного раствора серно-кислого алюминия и устранимой жесткостью воды: максимальная доза коагулянта приблизительно равна произведению карбонатной жесткости в мг-экв/л на 2,2.

Приготовление 1%-ного раствора серно-кислого алюминия. На аптечных весах отвешивают 1 г порошка серно-кислого алюминия. Навеску растирают в ступке с небольшим количеством дистиллированной воды, переносят в мерную колбу или цилиндр вместимостью 100 мл. Ступку несколько раз ополаскивают дистиллированной водой, которую также выливают в мерную колбу или цилиндр, доводят до метки, перемешивают и сливают в коническую колбу.

Раствору серно-кислого алюминия дают отстояться в течение 10–15 мин.

✓ Определение карбонатной жесткости исследуемой воды. В колбу наливают 100 мл воды, добавляют 2 капли метилового оранжевого и титруют 0,1 н раствором соляной кислоты до изменения цвета. Число миллилитров кислоты, затраченной на титрование, равно карбонатной жесткости в миллиграммах-эквивалент на литр.

✓ Расчетное определение дозы коагулянта. В табл. 14 находят, исходя из величины карбонатной жесткости исследуемой воды, количество миллилитров 1%-ного раствора серно-кислого алюминия, которое требуется для коагуляции 200 мл воды.

Расчетное количество серно-кислого алюминия

Карбонатная жесткость, мг-экв/л	Количество мл 1%-ного р-ра серно-кислого алюминия на 200 мл воды	Количество г сухого серно-кислого алюминия на 1 л воды
1	2,3	0,11
2	4,5	0,22
3	6,8	0,33
4	9,0	0,44
5	11,3	0,56
6	13,6	0,66
7	16,0	0,78
8	18,0	0,88
9	20,3	1,0
10	23	1,1

✓ Коагулирование воды и экспериментальное определение дозы коагулянта. В три стакана наливают по 200 мл исследуемой воды и пипеткой добавляют необходимое количество серно-кислого алюминия: в первый стакан – расчетную дозу, во второй – на 1 мл меньше, в третий – на 1 мл больше, содержимое стаканов перемешивают стеклянной палочкой и наблюдают скорость образования хлопьев. Правильной дозой коагулянта считается та, при которой максимальное хлопьеобразование наблюдается через 10 мин.

Если образование хлопьев задерживается, то к воде необходимо прибавить 1%-ный раствор соды в количестве наполовину меньше, чем взято коагулянта.

Для окончательного определения дозы коагулянта нужно величину, установленную в эксперименте, уменьшить на 10%, так как при коагулировании больших количеств воды процесс идет быстрее.

Количество миллилитров 1%-ного раствора коагулянта, введенного в стакан воды, в котором произошло лучшее коагулирование, уменьшают на 10%, что будет соответствовать окончательной дозе коагулянта. Для коагулирования 1 л воды эту величину умножают на 5.

После установления окончательной дозы коагулянта на 1 л можно рассчитать количество 1%-ного раствора коагулянта на любой объем воды. В том случае, если необходимо определить дозу сухого коагулянта, пользуются данными табл. 14.

Пример. Необходимо узнать, сколько потребуется сухого коагулянта для коагулирования 1000 л воды.

При определении карбонатной жесткости воды на титрование израсходовано 4 мл 0,1 н раствора соляной кислоты. Следовательно,

карбонатная жесткость равна 4 мг-экв/л. По табл. 14. определяется доза коагулянта для 200 мл воды. Она равна 9 мл 1%-ного раствора коагулянта.

Оптимальное хлопьеобразование произошло во втором стакане, куда было добавлено 8 мл 1%-ного раствора коагулянта. Поскольку для расчета окончательной дозы коагулянта полученную в эксперименте величину необходимо уменьшить на 10%, последняя будет составлять 7,2 мл 1%-ного раствора коагулянта. В пересчете на сухой коагулянт в табл. 14 с помощью интерполяции соответственно находим 0,36 г.

Для коагулирования 1000 л воды потребуется $0,36 \times 1000 = 360$ г коагулянта.

Обеззараживание (хлорирование) воды

Среди многих способов обеззараживания наиболее широкое распространение получило хлорирование. Хлорирование может проводиться газообразным, жидким хлором и хлорсодержащими препаратами.

На больших водопроводных станциях для хлорирования воды используют хлорную известь, хлорамины.

Хлорная известь получается в результате взаимодействия хлора и гашеной извести. Свежая хлорная известь содержит 32–36% активного хлора. При хранении она разлагается и переходит в хлорид кальция. Хлорную известь следует хранить в упаковке, в прохладном, сухом и темном помещении, чтобы замедлить разложение.

Прежде чем проводить хлорирование хлорной известью, необходимо определить ее активность, то есть содержание в ней активного хлора.

Жидкий хлор хранится в стальных баллонах под давлением 6–7 атм. В одном баллоне содержится 25–30 кг хлора. При добавлении жидкого хлора или его химических соединений в воде происходит гидролиз:



Хлорноватистая кислота диссоциирует с образованием гипохлорит-иона $\text{HOCl} \rightleftharpoons \text{OCl}^- + \text{H}^+$.

Допускается, что на свету хлорноватистая кислота может распадаться с выделением атомарного кислорода, обладающего сильным бактерицидным действием.

При $\text{pH} < 6,0$ почти весь свободный хлор представлен хлорноватистой кислотой. При $\text{pH} 7,2\text{--}7,5$ в воде присутствует примерно одинаковое количество хлорноватистой кислоты и гипохлорит-иона. С повышением pH увеличивается содержание гипохлорит-иона. Хлор.

присутствующий в воде в виде хлорноватистой кислоты и гипохлорит-иона, именуется свободным активным хлором. Исследованиями показано, что бактерицидное действие связано прежде всего с этими соединениями, причем хлорноватистая кислота обладает более сильным бактерицидным действием.

Если в обеззараживаемую воду добавляют ионы аммония, то они, реагируя с хлорноватистой кислотой, образуют монохлорамины (H_2Cl) и дихлорамин (HCl_2). Соотношение образующихся моно- и дихлораминов зависит от pH воды и некоторых других условий. Хлорамины также обладают окислительными и, следовательно, бактерицидными свойствами, но их окислительный потенциал ниже и бактерицидное действие в несколько раз слабее по сравнению с хлорноватистой кислотой. Монохлорамин обладает большим бактерицидным действием, чем хлорамин – при pH 7,0 приблизительно в 12 раз, а при pH 8 – в 2,5 раза.

В отличие от свободного активного хлора хлораминный хлор называют связанным активным хлором. Таким образом, в хлорируемой воде в зависимости от pH содержание аммонийных солей, наличие некоторых органических соединений, связывающих хлор аналогично аммонiu, присутствует активный хлор в свободном или связанном виде.

В ряде случаев на водопроводных станциях проводят хлорирование воды с преаммонизацией. Для этого в воду вводят гидрат аммония или аммонистые соли. Гидрат аммония вносят в воду перед хлором в соотношении: 1 часть иона аммония на 3–4 весовые части активного хлора. Дихлорамины и монохлорамины, медленно гидролизуюсь, высвобождают активный хлор. Таким образом, в воде создается как бы резерв активного хлора, действующего в течение продолжительного времени.

Положительной стороной метода является отсутствие хлорфенольного запаха даже в тех водах, в которых при обычном хлорировании он обнаруживается. Отрицательным моментом является замедленный бактерицидный эффект.

При обеззараживании воды лишь 1–2% активного хлора затрачивается непосредственно на бактерицидное действие. Остальная часть хлора вступает во взаимодействие с легко окисляющимися органическими и минеральными соединениями воды (железо, марганец, нитриты), сорбируется взвешенными веществами. Количество хлора, затраченного на окисление всех окисляющихся веществ, находящихся в воде, называется хлорпоглощаемостью воды. Поскольку природные воды имеют различный состав и степень загрязненности, то и

хлорпоглощаемость у них разная.

Для надежного бактерицидного эффекта в обеззараживаемую воду необходимо вводить активный хлор в количестве, превышающем хлорпоглощаемость. Этот избыточный активный хлор называют остаточным хлором. Чем больше его в воде, тем надежнее и быстрее осуществляется обеззараживание.

Вода надежно обеззараживается, если содержание свободного остаточного хлора по истечении времени контакта находится в пределах 0,3–0,5 мг/л, а связанного остаточного хлора – в пределах 0,8–1,2 мг/л.

Эти количества остаточного хлора, не ухудшая органолептических свойств воды и не являясь вредными для здоровья, свидетельствуют о надежности обеззараживания.

Количество активного хлора в миллиграммах, необходимое для обеззараживания 1 л воды, называют дозой хлора. Следовательно, доза хлора складывается из хлорпоглощаемости воды и остаточного активного хлора.

На надежность хлорирования оказывают влияние правильный выбор дозы хлора, температура, физико-химические свойства воды и время контакта. Лучшим условиям для хлорирования отвечает прозрачная бесцветная вода с температурой 18–20°C. Время контакта при хлорировании свободным активным хлором устанавливается не менее 30 мин., связанным активным хлором – не менее 60 мин.

С учетом изложенного, при санитарном надзоре за хлорированием воды необходимо контролировать:

- содержание активного хлора в хлорной извести и других хлорсодержащих препаратах;
- правильность выбора дозы хлора при обеззараживании воды;
- эффективность хлорирования, о которой судят по содержанию остаточного хлора в воде, а также по результатам ее бактериологического анализа.

Определение активности хлорной извести. Для определения активности из разных мест тары отбирают 300–500 г хлорной извести, тщательно перемешивают и из полученной средней пробы на аптечных весах отвешивают 1 г.

Навеску хлорной извести пересыпают в фарфоровую ступку, добавляют небольшое количество дистиллированной воды и переливают в стомиллиметровую мерную колбу. Ополаскивают несколько раз ступку и пестик дистиллированной водой, которую также сливают в мерную колбу. Затем доводят количество жидкости в колбе до метки.

Раствору дают отстояться в течение 5–10 мин., из осветленной

части отбирают 5 мл раствора. В коническую колбу наливают 50 мл дистиллированной воды, 5 мл приготовленного 1%-ного раствора хлорной извести, 5 мл 5%-ного раствора йодистого калия и 1 мл разведенной 1:3 соляной кислоты. Активный свободный хлор вытесняет из йодистого калия йод, количество которого эквивалентно хлору. Выделившийся хлор титруют 0,01 н раствором тиосульфата до слабо-желтого окрашивания, прибавляют 1 мл 1%-ного раствора крахмала и дотитровывают до исчезновения синей окраски. 1 мл 0,01 н раствора тиосульфата связывает 1,269 мг йода, что эквивалентно 0,355 мг активного хлора. Умножив 0,355 на количество миллилитров тиосульфата, израсходованного на титрование, получают количество миллиграммов хлора в 5 мл 1%-ного раствора хлорной извести. Для определения содержания хлора в 1 мл раствора хлорной извести результат делят на 5.

В 1%-ном растворе хлорной извести содержится 0,01 г, или 10 мг сухой хлорной извести. Для расчета активности хлорной извести, которая выражается в процентах, составляется пропорция:

в 0,01 г хлорной извести – У г активного хлора;

в 100 г хлорной извести – X г активного хлора;

где У – содержание активного хлора в 1 мл 1%-ного раствора хлорной извести, или в 0,01 г сухой хлорной извести;

X – содержание активного хлора в 100 г сухой хлорной извести.

$$X = \frac{Уг \cdot 100}{0,01}$$

Поскольку активный хлор рассчитывается на 100 г хлорной извести, полученный результат выражают в процентах.

Пример. На титрование 5 мл 1%-ного раствора хлорной извести израсходовано 30 мл 0,01 н раствора тиосульфата.

$$0,355 \times 30 = 10,650 \text{ мг}$$

Следовательно, в 5 мл 1%-ного раствора хлорной извести содержится 10,650 мг активного хлора. В 1 мл 1%-ного раствора хлорной извести содержится 10,650 мг; 5 = 2,13 мг, или 0,0021 г активного хлора.

Для расчета активности хлорной извести составляют пропорцию: 0,01 г сухой хлорной извести – 0,0021 г активного хлора;

100 г сухой хлорной извести – X г активного хлора;

$$X = \frac{0,0021 \cdot 100}{0,01} = 21 \%$$

Активность исследуемой хлорной извести – 21%.

Для выбора дозы хлора проводят опытное хлорирование 1 л воды приготовленным 1%-ным раствором хлорной извести. Обеззараживание должно осуществляться таким образом, чтобы после 30-минутного контакта хлора с водой остаточное количество свободного активного хлора в исследуемой воде находилось в пределах 0,3–0,5 мг/л, а связанного хлора после часового контакта – 0,8–1,2 мг/л.

Выбор дозы хлора для опытного хлорирования зависит от физических и химических свойств воды. Для этой цели берут 4–6 мг/л активного хлора. К 1 л воды добавляют выбранную дозу хлора. Для этого необходимо определить, в каком объеме 1%-ного раствора хлорной извести содержится нужное количество активного хлора. В колбу с 1 л воды добавляют необходимый объем 1%-ного раствора хлорной извести, тщательно перемешивают и оставляют на 30 мин. для обеззараживания. Затем определяют, какое количество активного хлора осталось в обеззараженной воде. Для этого в коническую колбу наливают 100 мл обеззараженной воды, прибавляют 5 мл 5%-ного раствора йодистого калия, 1 мл соляной кислоты 1:3, 1 мл 1%-ного раствора крахмала и титруют до обесцвечивания 0,01 н раствором тиосульфата. Титрование необходимо проводить быстро, так как окраска успевает восстанавливаться и раствор можно легко перетитровать.

Затраченное количество 0,01 г раствора тиосульфата умножают на 0,355 и 10 и определяют количество остаточного хлора.

Хлорпоглощаемость воды рассчитывают путем вычитания из количества первоначально введенного активного хлора количество активного хлора, оставшегося после 30-минутного обеззараживания воды. Доза свободного хлора складывается из хлорпоглощаемости и 0,3–0,5 свободного остаточного хлора. Доза связанного хлора равна хлорпоглощаемости и 0,8–1,3 мг/л связанного хлора.

Пример. Для пробного хлорирования было решено взять 6 мг/л свободного активного хлора. Поскольку, исходя из расчета предыдущего примера, в 1 мл 1%-ного раствора исследуемой хлорной извести содержится 2,13 мг активного хлора, то 6 мг будут содержаться в 2,8 мл 1%-ного раствора хлорной извести.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ мл} - 2,13 \text{ мг} \\ \hline x - 6 \text{ мг} \end{array} \quad \begin{array}{r} 6 \times 1 \\ \hline 2,13 \end{array} = 2,8 \text{ мл}$$

В воду введено 2,8 мл 1%-ного раствора хлорной извести. После 30-минутного контакта на титрование взятых для исследования 100 мл прохлорированной воды израсходован 1 мл 0,01 н раствора тиосульфата.

$1 \cdot 0,355 \times 10 = 3,5$ мг активного хлора

$6 \text{ мг} - 3,5 \text{ мг} = 2,5 \text{ мг}$

Хлорпоглощаемость воды в данном случае составляет 2,5 мг активного хлора. Доза хлора равна $2,5 \text{ мг} + 0,5 \text{ мг} = 3 \text{ мг/л}$ активного хлора.

Затем требуется определить, какое количество сухой хлорной извести необходимо для хлорирования 1 л воды. В приведенном примере активность хлорной извести – 21%, доза хлора – 3 мг/л (0,003 г/л), составляют пропорцию:

100 г хлорной извести содержит 21 г активного хлора, а
 $x - 0,003 \text{ г}$

$$X = \frac{0,003 \cdot 100}{21} = 0,015$$

Следовательно, для хлорирования 1 л воды требуется 0,015 г сухой хлорной извести. Для хлорирования 1000 л воды необходимо 15 г сухой хлорной извести.

Ускоренный метод определения хлора с помощью трех стаканов.

С помощью данного метода можно достаточно точно определить дозу хлора без предварительного определения активности хлорной извести и хлорпоглощаемости воды.

В три стакана (колбы) наливают по 200 мл воды и добавляют пипеткой 1%-ный раствор хлорной извести: в первый стакан – 0,1 мл, во второй стакан – 0,2 мл, в третий стакан – 0,3 мл. Воду перемешивают стеклянными палочками и оставляют на 30 мин. Через 30 мин. в каждый из стаканов добавляют по 10 мл 5%-ного раствора йодистого калия, 2 мл соляной кислоты, 1,5–3,2 мл 1%-ного раствора крахмала и титруют тиосульфатом натрия. Для большей точности титрование осуществляют не 0,01 н, а 0,001 г раствора тиосульфата.

При расчете дозы хлора выбирают тот стакан, в котором количество остаточного хлора составляет 0,3–0,5 мг/л. В этом случае в 200 мл прохлорированной воды должно содержаться в 5 раз меньше остаточного хлора, чем в 1 л, то есть 0,06–0,1 мг/л. На титрование такого количества остаточного хлора израсходуются 1,7–2,8 мл 0,001 н раствора тиосульфата натрия.

После того как определен стакан, в котором остаточный хлор находится в пределах 0,06–0,1 мг/л (0,3–0,5 мг/л), рассчитывают дозу хлора для 1 л воды. Для этого необходимо количество мл 1%-ного раствора хлорной извести, израсходованной на хлорирование одного стакана, умножить на 5. Количество сухой хлорной извести на 1 л, эквивалентное ее 1%-ному раствору, приведено в табл. 15.

**Количество 1%-ного раствора и сухого вещества хлорной извести
необходимое для хлорирования воды**

Количество мл 1%-ного раствора хлорной извести необходимое для хлорирования 200 мл воды	Количество мл 1%-ного раствора хлорной извести необходимое для хлорирования 1 л воды	Количество мг сухой хлорной извести необходимое для хлорирования 1 л воды
0,1	0,5	5
0,2	1,0	10
0,3	1,5	15
0,4	2,0	20
0,5	2,0	25
0,6	3,0	3,0

Если во всех трех стаканах количество остаточного хлора окажется меньше 0,3–0,5 мг/л, выбор дозы хлора надо повторить, удвоив количество вводимого 1%-ного раствора хлорной извести.

Пример. Необходимо определить дозу хлора для хлорирования 1000 л воды. При пробном хлорировании в первый стакан введено 0,1 мл, во второй – 0,2 мл, в третий – 0,3 мл 1%-ного раствора хлорной извести. После 30-минутного контакта на титрование 200 мл воды в первом стакане израсходовано 0,7 мл 0,001 н раствора тиосульфата натрия, во втором стакане – 1,4 мл, в третьем стакане – 2,1 мл.

Для расчета дозы хлора берется третий стакан, так как количество израсходованного на титрование 0,001 н раствора тиосульфата натрия находится в пределах 1,7–2,8 мл. Следовательно, в воде этого стакана содержится 0,06–0,1 мг остаточного хлора, или 0,3–0,5 мл в 1 л воды.

В третий стакан введено 0,3 мл 1%-ного раствора хлорной извести. Следовательно, доза для 1 л воды будет составлять 1,5 мл 1%-ного раствора хлорной извести, или 15 мг сухой хлорной извести (табл. 15). Для хлорирования 1000 л воды требуется 1500 мл 1%-ного раствора хлорной извести, или 15 г сухой хлорной извести.

Обеззараживание воды в колодце с помощью дозирующих патронов

В условиях сельской местности, когда источником воды может служить колодец, необходимо обеспечить постоянное обеззараживание находящейся в нем воды. Для этого используют керамические патроны вместимостью 250, 500, 1000 см³. Перед использованием патрон заполняют дезинфицирующим средством – хлорной известью или

гипохлоридом кальция. Количество вносимого дезинфицирующего реагента определяют в зависимости от объема воды в колодце или дебита источника, среднесуточного разбора воды и величины хлорпоглощаемости. Расчет осуществляют по формуле:

$$x = 0,07 a + 0,08 б + 0,02 в + 0,14 г,$$

где x – количество препарата, подлежащего загрузке в патрон (кг);
 a – объем воды в колодце (м^3);
 $б$ – дебит колодца ($\text{м}^3/\text{ч}$);
 $в$ – суточный водоразбор;
 $г$ – хлорпоглощаемость (мг/л).

Формула дана для расчета гипохлорита кальция, содержащего 52% активного хлора. Для хлорной извести, содержащей в среднем 25% активного хлора, расчет проводится по той же формуле, но расчетное количество препарата увеличивается в 2 раза. Патрон обеспечивает надежное обеззараживание воды в течение 3 месяцев. Затем его помещают в раствор уксусной кислоты для удаления осевших солей, заполняют новым реагентом и используют вновь.

Пример. Объем воды в колодце $3,1 \text{ м}^3$, дебит $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, хлорпоглощаемость воды $0,3 \text{ мг/л}$, в сутки расход воды составляет $3,5 \text{ м}^3$. В патрон должен быть помещен гипохлорит кальция. Сколько необходимо граммов препарата?

$$x = 0,07 \times 3,1 + 0,08 \times 0,5 + 0,02 \times 3,5 + 0,14 \times 0,3 = 0,369 \text{ кг или } 369 \text{ г}$$

В патрон должно быть помещено 369 г гипохлорита кальция или 738 г 25%-ной хлорной извести.

Варианты контрольных заданий

Вариант 1

Напишите подробное заключение о качестве воды, указав возможность использования ее для питьевых и хозяйственных целей, методы по улучшению воды и пути оздоровления водоисточника.

Воду берут из артезианской скважины, глубина которой 80 м . Вокруг скважины отсутствует зона строгого режима. Вода не очищается и не обеззараживается. Проба воды в печатанном виде доставлена в лабораторию 25 июня (табл. 16).

Данные лабораторного анализа воды

№ п/п	Наименование показателя	Результаты анализа
1.	Прозрачность (см)	30
2.	Цветность в градусах	10
3.	Запах в баллах	нет
4.	Привкус в баллах	нет
5.	Температура (°С)	+11
6.	Осадок	нет
7.	Сухой остаток (мг/л)	1100
8.	РН	7,5
9.	Общая жесткость мг-экв/л СаО	8
10.	Железо общее (мг/л)	0,3
11.	Сульфаты (мг/л)	70
12.	Фтор (мг/л)	1,6
13.	Хлориды (мг/л)	80
14.	Азот аммонийный (мг/л)	0,1
15.	Азот нитритов (мг/л)	0,05
16.	Азот нитратов (мг/л)	12,0
17.	Окисляемость (мг/л O ₂)	1,2
18.	Остаточный хлор (мг/л)	—
19.	Микробное число	4
20.	Коли-индекс	2

Вариант II

Напишите подробное заключение о качестве воды, указав возможность ее использования для питьевых и хозяйственных целей, методы улучшения воды и пути оздоровления водоисточника.

Вода из шахтного колодца, расположенного на полевом стане. Санитарно-техническое оборудование колодца неудовлетворительное. сруб подгнивший, отсутствуют общественное ведро, крышка и навес. Глубина колодца (от поверхности почвы до воды) – 3 м. На территории в радиусе 100 м нет объектов, которые могут влиять на качество воды в источнике (табл. 17).

Данные анализов воды в июле

№ п/п	Наименование показателя	Результат анализа
1.	Прозрачность (см)	20
2.	Цветность (градусы)	40
3.	Запах (баллы)	2-болотный
4.	Привкус (баллы)	Нет
5.	Температура (°С)	+15
6.	Осадок	Незначительный
7.	Сухой остаток (мг/л)	200
8.	Активная реакция	6,9
9.	Общая жесткость (мг-экв/л CaO)	0,8
10.	Железо общее (мг/л)	0,7
11.	Сульфаты (мг/л)	15
12.	Фтор (мг/л)	0,4
13.	Хлориды (мг/л)	20
14.	Азот аммонийный (мг/л)	0,28
15.	Азот нитритов (мг/л)	0,05
16.	Азот нитратов (мг/л)	2,5
17.	Окисляемость (мг/л)	8,2
18.	Микробное число	450
19.	Коли-титр	50