

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

В.А. Щепетова

**ОЧИСТКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ
КАЧЕСТВА ВОДЫ
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Пенза 2015

УДК 628.161
ББК 38.761.1
Щ56

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент
З.А. Бочкарева (ПензГТУ);
ст. преподаватель И.Н. Симонова
(ПГУАС)

Щепетова В.А.

Щ56 Очистка и регулирование качества воды: лабораторный практикум /
В.А. Щепетова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 92 с.

Рассмотрены основные источники антропогенного влияния, направления и методики экологического контроля водной среды. Изложены проблемы взаимодействия человека – общества – природы и предложены лабораторные работы в данном тематическом направлении. Лабораторные работы включают теоретическую и экспериментальную части, контрольные вопросы.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Инженерная экология» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность», для использования на лабораторных занятиях по курсу «Очистка и регулирование качества воды».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015
© Щепетова В.А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный выпускник направления «Техносферная безопасность» должен обладать определенным комплексом специальных знаний, определенным уровнем экологического мировоззрения и мышления, который позволит анализировать и оценивать антропогенное влияние производственной деятельности на окружающую среду.

Устойчивое экологическое развитие городов в условиях антропогенного давления является глобальной проблемой человечества, так как при ее решении может быть обеспечено само существование человеческого общества.

Созданию и сохранению условий для устойчивого экологического развития города может способствовать только получение выпускниками технических вузов фундаментальных знаний законов развития, существования, функционирования искусственных экосистем разного уровня.

Особое место в современном мире приобретает целенаправленное распространение социально-экологических знаний через систему высшего образования. Знакомство с дисциплиной «Очистка и регулирование качества воды» как с самостоятельным научным направлением поможет студентам сформировать свою точку зрения на экологические проблемы человечества и найти пути их решения в непростой экологической обстановке.

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

– владение культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности (ОК-7);

– способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей (ПК-5);

– готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики (ПК-8);

– способность ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности (ПК-14);

– способность принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки: систематизировать информацию по теме исследований, принимать участие в экспериментах, обрабатывать полученные данные (ПК-15);

– способность решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского коллектива (ПК-16);

– способность применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-18).

ВВЕДЕНИЕ

Во всем мире охране окружающей среды уделяется большое внимание. Развитие промышленности, использования транспорта, увеличение добычи ископаемого сырья и другие технологические процессы, необходимые для нашей с вами жизнедеятельности, сопровождаются поступлением в окружающую среду больших количеств различных загрязняющих веществ.

Анализируя литературные источники, можно сказать, что за время существования человечества и его техногенной деятельности в природную среду попало огромное количество загрязняющих веществ, из которых около 40 тысяч обладают вредными для человека свойствами, а 12 тысяч являются токсичными.

Активное загрязнение окружающей среды (воды, воздуха, почвы) приводит к возникновению неблагоприятных последствий: изменению климата, исчезновению многих видов растений и животных, ухудшению здоровья населения.

Вода является одним из наиболее важных компонентов окружающей среды и определяет технический и социальный прогресс регионов и стран. Развитие промышленности и сельского хозяйства сопровождается не только забором большого количества воды, но и значительным увеличением объема образующихся сточных вод. Загрязненные сточные воды, сбрасываемые в водные объекты, наносят большой ущерб окружающей среде.

Основным источником водных ресурсов для бытовых и промышленных целей являются поверхностные и подземные воды.

Любой природный водоем связан с окружающей средой, из которой в воду поступают различные загрязнения. Попадая в водоемы и биоаккумулируясь в донных отложениях, вредные химические элементы и вещества ухудшают их санитарное состояние и делают невозможным использование их в качестве источников питьевой воды.

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования. От состава воды зависят ее физические свойства: температура замерзания, величина испарения, цвет, прозрачность и характер протекающих в ней химических процессов.

Для предотвращения или снижения загрязнения в России и за рубежом издаются природоохранные законы и проводятся различные мероприятия – технологические, санитарно-технические, технические, правовые, медицинские и т.п. В основе всех мероприятий лежит контроль за содержанием вредных веществ, который регламентируется санитарно-гигиеническими нормативами – ПДК. Для различных типов вод (вода питьевая, минеральная, природная, сточная) существуют индивидуальные нормативные документы. Контроль необходим для получения информации об уровне загрязнения воды, а также об источниках выбросов, причинах и факторах, определяющих ее загрязнение. Полученные данные позволяют выбирать или проводить защитные, оздоровительные мероприятия и следить за их выполнением.

Поэтому важным является нормирование концентрационных уровней содержания загрязняющих веществ и их экспрессный аналитический контроль. Кроме того, исследование динамики распространения загрязняющих веществ и оценка их миграционной способности, прогнозирование изменения гидрологических и гидрохимических показателей поверхностных вод, а также возможности трансграничного и дальнейшего переноса являются приоритетными задачами в оценке качества воды.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- БПК – биологическая потребность кислорода
ВОЗ – Всемирная Организация Здравоохранения
ГН – гигиенический норматив
ГОСТ – государственный стандарт
ИСО – Международная Организация по Стандартизации (International Organization for Standardization, ISO).
НД – нормативный документ
ОДУ – ориентировочно допустимый уровень
ПАВ – поверхностно-активные вещества
ПДК – предельно допустимая концентрация
ППК – почвенно-поглощающий комплекс
РД – руководящий документ
рН – водородный показатель
СанПиН – санитарно-эпидемиологические нормативы и правила
ХПК – химическая потребность кислорода
ЭДС – электродвижущая сила

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Общие правила работы в лаборатории

Лабораторные работы проводят в специально оборудованной химической лаборатории. При работе в лаборатории необходимо знать и строго соблюдать установленные правила. Работать разрешается только после ознакомления с правилами по технике безопасности и правилами работы в химической лаборатории.

1. Рабочее место содержите в чистоте и порядке, не загромождайте его посторонними предметами.

2. Не допускайте попадания химических реактивов на кожу и одежду. Нельзя брать вещества руками и пробовать на вкус.

3. Не уносите на свои рабочие места реактивы общего пользования. Если нет указаний по дозировке реактивов для данного опыта, то берите их в минимальном количестве.

4. Запрещается пользоваться реактивами без этикеток или с сомнительными этикетками.

5. Во всех опытах используйте дистиллированную воду. Сухие реактивы берите только чистым шпателем. Не путайте пробки от склянок с различными реактивами. Излишки реактивов не высыпайте и не выливайте в склянки, из которых они взяты.

6. Особую осторожность соблюдайте при работе с ядовитыми и вредными веществами, с концентрированными кислотами и щелочами. Работать с ними следует в вытяжном шкафу.

7. При нагревании жидкости в пробирке необходимо держать ее так, чтобы в случае разбрызгивания жидкость не попала на самого экспериментатора и рядом работающих студентов, т.е. отверстие пробирки должно быть направлено в сторону ото всех участников эксперимента. Лучше всего направить его на стенку вытяжного шкафа. Не забывайте пользоваться при этом держателем.

8. После опытов остатки реактивов сливайте в раковину после разбавления водой. Металлы собирайте в отведенную для этого склянку. Остатки агрессивных и дорогостоящих реактивов собирайте в специальные склянки.

9. Не трогайте, не включайте и не выключайте без разрешения рубильники и электрические приборы.

10. Выполнение опыта в пробирке проводится следующим образом. Используют чистую пробирку. Не закрывать пальцем пробирку. Перемешивание

реакционной системы в пробирке проводят с помощью стеклянной палочки. Не следует класть стеклянную палочку на лабораторный стол, ее опускают в пробирку с дистиллированной водой.

11. При работе с капельницами, закрытыми пробками с пипеткой, следует их брать за капельницу, а не за пробку. Не касаться пипеткой стенок пробирки, добавляя реагент по каплям из пипетки в пробирку.

12. При необходимости добавить несколько капель кислоты, щелочи или другого реактива в пробирку следует использовать капельницы или пипетки, не забывая промывать их в воде.

13. В лаборатории соблюдайте тишину, не занимайтесь посторонними делами, не проводите опыты, не относящиеся к данной лабораторной работе и не описанные в методическом указании.

2. Первая помощь при ожогах и порезах

1. При ожогах водяным паром, горячими предметами, брызгами горячей воды и т. д. смазывают пораженное место 5–10%-м раствором перманганата калия KMnO_4 , борным вазелином.

2. При попадании кислоты или щелочи на руки (одежду) следует смыть их водой, а затем кислоту нейтрализовать 3%-м раствором гидрокарбоната натрия NaHCO_3 , а щелочь – 5%-м раствором борной кислоты H_3BO_3 или 2%-м раствором уксусной кислоты CH_3COOH .

3. При попадании химических реактивов на лицо или в глаза необходимо сразу промыть их большим количеством воды, а затем, если необходимо, обратиться за медицинской помощью.

4. При порезах необходимо убедиться, нет ли в ране осколков стекла. При небольших порезах смазывают йодной настойкой края порезов, останавливают кровотечение, залив рану 10%-м раствором хлорида железа(III) FeCl_3 или 3%-м раствором пероксида водорода H_2O_2 . Затем накладывают стерильную повязку.

Студентам следует заранее готовиться к лабораторному занятию. Выполнению лабораторной работы предшествует собеседование с преподавателем. Подготовку рекомендуется начинать с изучения теоретического материала, относящегося к данной работе. Необходимо твердо усвоить основные теоретические положения, законы и их математические выражения.

Перед выполнением работы следует ознакомиться с методикой проведения эксперимента, изучить принцип действия приборов и установок, понять цель работы. При выполнении лабораторной работы внимательно следите за

ходом опыта. В случае неудачной постановки опыта, прежде чем его повторить, установите причину неудачи. После окончания работы необходимо вымыть посуду, привести в порядок рабочее место. За чистоту и порядок на рабочем месте отвечает студент, а в лаборатории – дежурный студент. Дежурный принимает рабочее место у студентов, закончивших выполнение лабораторной работы, и сдает лабораторию лаборанту. Кроме того, дежурный студент должен получить у лаборанта все необходимое для проведения данной лабораторной работы, а после окончания занятия – сдать. После выполнения лабораторной работы студент должен оформить отчет и сдать его преподавателю.

Лабораторная работа № 1

ОТБОР ПРОБ ИЗ ИССЛЕДУЕМОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Цель работы: изучить методику отбора проб. Составить программу отбора пробы по конкретному показателю. Взять пробу из исследуемого водного объекта.

Теоретическая часть

Отбор проб является ответственной частью анализа, от которой зависит достоверность получаемой информации. Отбор проб производится по ГОСТ 2874-82 и ГОСТ Р 51592–2000 (2008). Выбор места отбора, частота и техника отбора должны в определенной степени обеспечивать представительность проб, на основе анализа которых в дальнейшем делаются выводы о состоянии водного объекта. Объем отбираемой пробы, необходимой для анализа, зависит от числа определяемых компонентов и обычно колеблется от 1 до 2 литров.

Пробы воды на химический анализ следует брать на стреже потока с поверхности (0,2–0,5 м), при этом проба воды осторожно зачерпывается (без взбалтывания) каким-либо большим сосудом (тазом, ведром), который во избежание загрязнений пробы должен употребляться только для этих целей. Для взятия глубинных проб употребляются специальные приборы – батометры, снабженные краном.

Целью отбора проб является получение дискретной пробы, отражающей качество исследуемой воды.

Отбор проб проводят для:

- исследования качества воды для принятия корректирующих мер при обнаружении изменений кратковременного характера;
- исследования качества воды для установления программы исследований или обнаружения изменений долгосрочного характера;
- определения состава и свойств воды по показателям, регламентированным в нормативных документах (НД);
- идентификации источников загрязнения водного объекта.

В зависимости от цели и объекта исследования разрабатывают программу исследований и, при необходимости, проводят статистическую обработку данных по отбору проб. Состав и содержание программы в зависимости от исследуемого объекта определяют по ГОСТ 17.1.5.05, ГОСТ 17.1.3.08. Место отбора проб и периодичность отбора устанавливаются в соответствии с программой исследования в зависимости от водного объекта. Метод отбора проб выбирают в зависимости от типа воды, глубины пробоотбора, цели исследований и перечня определяемых показателей с таким расчетом, чтобы исклю-

чить (свести к минимуму) возможные изменения определяемого показателя в процессе отбора. В протоколе испытаний делают отметку о длительности хранения пробы воды. При нарушении условий транспортирования или хранения исследование пробы проводить не рекомендуется. Все процедуры отбора проб должны быть строго документированы.

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы

1. Требования к оборудованию для отбора проб

Критериями для выбора емкости, используемой для отбора и хранения проб, являются:

- предохранение состава пробы от потерь определяемых показателей или от загрязнения другими веществами;

- устойчивость к экстремальным температурам и разрушению; способность легко и плотно закрываться, необходимые размеры, форма, масса, пригодность к повторному использованию;

- светопрозрачность;

- химическая (биологическая) инертность материала, использованного для изготовления емкости и ее пробки (например, емкости из боросиликатного или известково-натриевого стекла могут увеличить содержание в пробе кремния или натрия);

- возможность проведения очистки и обработки стенок, устранения поверхностного загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами.

Допускается применение одноразовых емкостей для отбора проб.

Для отбора твердых и полужидких проб используют кружки или бутылки с широким горлом. Емкости для проб на паразитологические показатели должны быть оснащены плотно закрывающимися пробками. Не допускается отбор проб в открытые емкости типа ведра. Емкости с закручивающимися крышками, узким и широким горлом должны быть снабжены инертными пластмассовыми (например, из политетрафторэтилена) или стеклянными пробками. Не допускается применять резиновые прокладки и смазку, если емкость предназначена для отбора проб с целью определения органических и микробиологических показателей. Для хранения проб, содержащих светочувствительные ингредиенты (включая морские водоросли), применяют емкости из светонепроницаемого или неактиничного стекла с последующим размещением их в светонепроницаемую тару на весь период хранения пробы.

Емкости для проб, предназначенных для определения микробиологических показателей, должны:

- выдерживать высокие температуры при стерилизации (в том числе пробки и защитные колпачки);

- предохранять от внесения загрязнений;

– изготавливаться из материалов, не влияющих на жизнедеятельность микроорганизмов;

– иметь плотно закрывающиеся пробки (силиконовые или из других материалов) и защитные колпачки (из алюминиевой фольги, плотной бумаги).

Пробоотборники должны:

– минимизировать время контакта между пробой и пробоотборником;
– изготавливаться из материалов, не загрязняющих пробу;
– иметь гладкие поверхности;
– быть сконструированы и изготовлены применительно к пробе воды для соответствующего анализа (химический, биологический или микробиологический).

Пробы отбирают вручную специальными приспособлениями или с применением автоматизированного оборудования.

При разработке и выборе автоматизированного оборудования для отбора проб воды учитывают следующие основные факторы с учетом программы отбора проб:

– прочность конструкции;
– устойчивость к коррозии и биоповреждениям в воде;
– простота эксплуатации и управления;
– возможность самопроизвольной очистки от засорения твердыми частями;

– возможность измерения отобранного объема пробы;
– обеспечение корреляции аналитических данных с пробами, отобранными вручную;

– емкости для проб должны легко выниматься, очищаться и собираться;
– обеспечение минимального объема пробы 0,5 дм³;
– обеспечение хранения пробы в темноте и обеспечение хранения температуро- и времязависящих проб при температуре 4 °С на период не менее 24 ч при температуре окружающей среды до 40 °С;

– регулировка, при необходимости, скорости жидкости для предотвращения разделения фаз;

– наличие выпускного устройства с минимальным внутренним диаметром 12 мм и установленной заслонкой по потоку для предотвращения загрязнения и накопления твердых частиц;

– возможность повторных поступлений проб в отдельные емкости для отбора проб;

– защита конструкции пробоотборника от избыточной влажности (атмосферной и испарений исследуемой воды) и от обледенения в холодный период года.

Оборудование переносного пробоотборника должно быть легким, защищенным от воздействия атмосферных явлений и приспособленным к работе в широком диапазоне условий окружающей среды.

Типы проб, методы отбора и их использование рассмотрены в табл. 5.

2. Подготовка проб к хранению

Для подготовки отобранной пробы к хранению в зависимости от определяемого показателя проводят при необходимости:

- фильтрование (центрифугирование);
- консервацию;
- охлаждение (замораживание).

2.1. Фильтрование (центрифугирование) проб

Взвешенные вещества, осадки, морские водоросли и микроорганизмы удаляют при взятии пробы или тотчас после этого фильтрованием проб через фильтровальную бумагу или мембранный фильтр, или центрифугированием. Фильтрование применяют также для разделения растворимых и нерастворимых форм, подлежащих определению.

Фильтрование не применяют, если фильтр задерживает один или более ингредиентов, подлежащих определению.

Фильтр должен быть тщательно промыт перед применением, а при необходимости стерилизован, быть совместимым с методом определения показателя и не должен вносить дополнительных загрязнений.

2.2. Охлаждение (замораживание) проб

Пробу охлаждают (замораживают) сразу после отбора.

После охлаждения (замораживания) емкости с пробами размещают и транспортируют в охлаждающих ящиках или рефрижераторах.

Охлаждение проводят в тающем льде или в рефрижераторе до температуры 2–5 °С с последующим размещением пробы в темном месте.

Замораживание до температуры минус 20 °С применяют с целью увеличения продолжительности хранения пробы. При этом контролируют способ замораживания и оттаивания пробы для возврата ее к исходному состоянию после оттаивания.

При замораживании проб применяют емкости из полимерных материалов (например, из поливинилхлорида).

Пробы, предназначенные для микробиологических анализов и определения летучих органических веществ, замораживанию не подлежат.

2.3. Консервация проб

Для консервации проб применяют:

- кислоты;
- щелочные растворы;
- органические растворители;

- биоциды;
- специальные реактивы для определения некоторых показателей (например, кислорода, цианидов, сульфидов).

При консервации используемое вещество добавляют непосредственно в пробу после ее отбора или в пустую емкость до отбора проб.

Основные рекомендуемые методы консервации и хранения отобранных проб, предназначенных для проведения определений конкретных показателей, приведены для:

- обобщенных показателей в табл. 1;
- химических показателей в табл. 2;
- органолептических показателей в табл. 3;
- микробиологических показателей в табл. 4.

Остальные методы консервации и хранения отобранных проб, предназначенных для оценки качества воды, рассмотрены в ГОСТ Р 51592–2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».

3. Требования к оформлению результатов отбора проб

Сведения о месте отбора проб и условиях, при которых они были отобраны, указывают на этикетке и прикрепляют к емкости для отбора проб. Допускается кодировать данную информацию при помощи нанесения на емкость для отбора проб несмывающейся краской шифра (кода).

Результаты определений, выполненных на месте, вносят в протокол испытаний, который заполняется и комплектуется на месте отбора пробы.

Результаты отбора проб заносят в акт об отборе, который должен содержать следующую информацию:

- расположение и наименование места отбора проб, с координатами и любой другой информацией о местонахождении;
- дату отбора;
- метод отбора;
- время отбора;
- климатические условия окружающей среды при отборе проб;
- температуру воды при отборе пробы (при необходимости);
- метод подготовки к хранению (при необходимости);
- цель исследования воды;
- другие данные в зависимости от цели отбора проб;
- должность, фамилию и подпись исполнителя.

Пробы аномальных материалов должны иметь описание наблюдаемой аномалии.

Таблица 1

Методы хранения и консервации проб
для определения обобщенных показателей

Наименование показателя	Материал, из которого изготовлена емкость для отбора и хранения проб	Метод хранения и консервации	Максимально рекомендуемый срок хранения	Место проведения определений показателя	Примечание
1	2	3	4	5	6
Водородный показатель	Полимерный материал или стекло	-	-	На месте отбора проб	Определение следует проводить как можно скорее и предпочтительнее на месте после отбора пробы
		Транспортирование при температуре ниже температуры отбора проб	6 ч	Лаборатория	
Общая минерализация, сухой остаток	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2-5 °С	24 ч	Лаборатория	-
		-	24 ч	Лаборатория	Допускается хранение в течение 48 ч, кроме проб с удельной электропроводностью более 70 мСм/м. Не допускается применять серную кислоту
Жесткость общая	Полимерный материал или стекло	Подкисление до pH менее 2	2 сут	Лаборатория	Определение следует проводить как можно скорее
		серной кислотой, охлаждение до 2-5 °С и хранение в темном месте			
Окисляемость перманганатная	Стекло	Замораживание до минус 20 °С	1 мес	Лаборатория	

О к о н ч а н и е т а б л . 1

1	2	3	4	5	6
Фенольный индекс	Боросиликатное стекло	Добавление 1 г сульфата меди на 1 дм ³ пробы и подкисление фосфорной кислотой до pH менее 2, хранение в темном месте при 5–10 °С	24 ч	Лаборатория	Условия хранения выбирают в зависимости от метода определения показателя
Кислотность и щелочность	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2–5 °С	24 ч	Лаборатория	Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб (особенно для проб с высокой концентрацией растворенных газов)
БПК (биохимическое потребление кислорода)	Стекло	–	24 ч	Лаборатория	–
ХПК (химическое потребление кислорода)	Стекло	Подкисление серной кислотой до pH менее 2, охлаждение до 2–5 °С и хранение в темном месте	5 сут	Лаборатория	–
Удельная электропроводность	Полимерный материал	Замораживание до минус 20 °С	1 мес	Лаборатория	–
Взвешенные и оседающие вещества	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2–5 °С	24 ч	Лаборатория	Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб Определение следует проводить как можно скорее. Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб

Таблица 2

Методы хранения и консервации проб для определения химических показателей
(указаны часто определяемые химические соединения)

Наименование показателя	Материал, из которого изготовлена емкость для отбора и хранения проб	Метод хранения и консервации	Максимально рекомендуемый срок хранения	Место проведения определений показателя	Примечание
1	2	3	4	5	6
Аммиак и ионы аммония (суммарно)	Полимерный материал или стекло	Подкисление серной кислотой до pH менее 2, охлаждение до 2–5 °С	24 ч	Лаборатория	–
Азот органических соединений	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление серной кислотой до pH менее 2, охлаждение до 2–5 °С и хранение в темном месте	24 ч	Лаборатория	Подкисление не проводят, если эта же проба будет использована для определения аммиака
Алюминий (суммарно)	Полимерный материал	Подкисление до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	–
Алюминий (растворенный*)	Полимерный материал	Фильтрация на месте отбора проб и подкисление фильтра до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	Растворенные* в воде формы алюминия и адсорбированный на взвешенных частицах алюминий допускается определять в одной и той же пробе
Бенз(а)пирен	Стекло	Добавление раствора для экстракции; хранение при температуре 2–5 °С. При наличии активного хлора добавление 20 мг тиосульфата натрия на 1 дм ³ пробы	1 сут	Лаборатория	Экстракцию пробы проводят не позднее 1 сут с момента отбора пробы

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Гидрокарбонаты	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2-5 °С	24 ч	Лаборатория	-
Диоксид углерода	Полимерный материал или стекло	-	На месте отбора	-	-
Железо (суммарно)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	Рекомендуется определять сразу после определения неустойчивых показателей
Железо (II)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление до pH менее 2 соляной кислотой и удаление атмосферного кислорода	24 ч	На месте отбора проб или в лаборатории	Рекомендуется определять сразу после определения неустойчивых показателей
Жиры, масла, углеводороды	Стекло	Экстракция (по возможности) на месте отбора проб и охлаждение до 2-5 °С	24 ч	Лаборатория	Емкость перед отбором проб должна быть промыта веществом для экстракции. После отбора проб добавляются вещества, применяемое для экстракции в соответствии с методом определения показателя, или проводят экстракцию на месте отбора проб
Кадмий (суммарно)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Охлаждение до 2-5 °С	1 мес.	Лаборатория	-
Кадмий (растворенный*)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Фильтрование на месте отбора проб и подкисление фильтрата до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	Растворенные* в воде формы кадмия и адсорбировавшийся на взвешенных частицах кадмий допускается определять в одной и той же пробе

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Кальций	Полимерный материал или стекло	-	24 ч	Лаборатория	Допускается хранение в течение 48 ч, кроме проб с удельной электропроводностью более 70 мСм/м
Кобальт (суммарно)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	-
Кобальт (растворенный*)	Полимерный материал	Фильтрование на месте отбора проб и подкисление фильтра до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	Растворенные* в воде формы кобальта и адсорбировавшийся на взвешенных частицах кобальт допускается определять в одной и той же пробе
Медь (суммарно)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	-
Медь (растворенная*)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Фильтрование на месте отбора проб и подкисление фильтра до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	Растворенные* в воде формы меди и адсорбировавшуюся на взвешенных частицах медь допускается определять в одной и той же пробе
Мышьяк (суммарно)	Полимерный материал или стекло	Подкисление до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	Используют соляную кислоту, если метод определения основан на восстановлении всех форм мышьяка до летучего мышьяковистого водорода

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Нефть и нефтепродукты (суммарно)	Стекло	Экстракция (по возможности на месте) и охлаждение до 2–5 °С	24 ч	Лаборатория	Емкость перед отбором проб должна быть промыта веществом для экстракции. После отбора проб необходимо добавить вещество, применяемое для экстракции в соответствии с методом определения, или провести экстракцию на месте отбора проб
Никель (суммарно)	Полимерный материал	Подкисление до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	–
Никель (растворенный*)	Полимерный материал	Фильтрование на месте отбора проб и подкисление фильтра до pH менее 2	1 мес.	Лаборатория	Растворенные в воде формы никеля и адсорбированный на взвешенных частях никель допускается определять в одной и той же пробе
Нитраты	Полимерный материал или стекло	Подкисление до pH менее 2 или охлаждение до 2–5 °С или добавление 2–4 см ³ хлороформа и охлаждение до 2–5 °С	24 ч	Лаборатория	Не допускается применение азотной кислоты
		Фильтрование через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм и охлаждение до 2–5 °С	48 ч	Лаборатория	Для грунтовых и поверхностных вод

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Нитриты	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2–5 °С	24 ч	Лаборатория	Не допускается применение азотной кислоты
Ртуть (суммарно)	Боросиликатное стекло	Подкисление до рН менее 2 и добавление двухромовокислого калия	1 мес.	Лаборатория	-
Свинец (суммарно)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление до рН менее 2	1 мес.	Лаборатория	Не допускается применять сернистую кислоту
Свинец (растворенный*)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Фильтрование на месте отбора проб и подкисление фильтрата до рН менее 2	1 мес.	Лаборатория	Не допускается применять сернистую кислоту
Стронций	Полимерный материал или стекло	Подкисление раствором азотной кислоты до рН менее 2	72 ч	Лаборатория	Не допускается применять сернистую кислоту
Сульфаты	Полимерный материал или стекло	Охлаждение до 2–5 °С	7 сут	Лаборатория	Для предотвращения возможного образования сероводорода в пробу сточной воды добавляют пероксид водорода. Для проб с БНК более 200 мг/дм ³ вместо пероксида водорода добавляют соляную кислоту

О к о н ч а н и е т а б л . 2

Сульфиды (в том числе легколетучие)	Полимерный материал или стекло	Добавление углекислого натрия с последующим добавлением уксуснокислого цинка в количествах в зависимости от метода определения	24 ч	Лаборатория	Емкости с пробами заполняют до верха. Определение следует проводить как можно скорее
Сульфиты	Полимерный материал или стекло	Добавление 1 см ³ 2,5 % раствора этилендиаминтетрауксусной кислоты на 100 см ³ пробы при ее отборе	48 ч	Лаборатория	–
Хлориды	Полимерный материал или стекло	–	1 мес	Лаборатория	–
Хром (VI)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Охлаждение до 2–5 °С	24 ч	Лаборатория	–
Хром (суммарно)	Полимерный материал или боросиликатное стекло	Подкисление до pH менее 2	1 мес	Лаборатория	–
Цинк (суммарно)	Полимерный материал	Подкисление до pH менее 2	1 мес	Лаборатория	–
Цинк (растворенный)*	Полимерный материал	Фильтрование на месте отбора проб и подкисление фильтра до pH менее 2	1 мес	Лаборатория	Растворенные* в воде формы цинка и адсорбировавшийся на взвешенных частицах цинк допускается определять в одной и той же пробе
П р и м е ч а н и е . * Растворенный означает, что определяемый показатель проходит через фильтр размером пор 0,45 мкм.					

Т а б л и ц а 3

Методы хранения и консервации проб для определения органолептических показателей

Наименование показателя	Материал, из которого изготовлена емкость для отбора и хранения проб	Метод хранения и консервации	Максимально рекомендуемый срок хранения	Место проведения определения показателя	Примечание
Запах	Стекло	Охлаждение до 2–5 °С	6 ч	Лаборатория	Допускается определять на месте отбора проб
Привкус	Стекло	–	2 ч	Лаборатория	Определение проводят при отсутствии подозрений на бактериальное загрязнение и отсутствие веществ в опасных концентрациях
Цветность	Полимерный материал или стекло	–	–	На месте отбора проб	–
		Охлаждение до 2–5 °С и хранение в темном месте	24 ч	Лаборатория	–
Мутность	Полимерный материал или стекло	–	24 ч	Лаборатория	Предпочтительно проводить определение на месте отбора проб

Т а б л и ц а 4

Методы хранения и консервации проб для определений микробиологических показателей

Наименование показателя	Материал, из которого изготовлена емкость для отбора и хранения проб	Метод хранения и консервации	Максимально рекомендуемый срок хранения	Место проведения определений показателя	Примечание
Общее число микроорганизмов; общие колиформы; термотолерантные колиформы; стрептококки; сальмонелла; шигелла и др.	Стерильная емкость	Охлаждение до 2–10 °С	6 ч	Лаборатория	Для хлорированной или бромированной воды пробы отбирают в емкости, содержащие тиосульфат натрия (из расчета 10 мг тиосульфата натрия на 500 см ³ пробы). Для воды, содержащей токсичные металлы (бериллий, ртуть, кадмий, таллий) массовой концентрацией более 0,01 мг/дм ³ , в емкости до их стерилизации добавляют 0,3 см ³ 15 %-го раствора НТА (нитрило-триуксусная кислота) на 500 см ³ пробы. Если пробу нельзя охладить при транспортировании, то анализ выполнят не позднее чем через 2 ч

Типы проб, методы отбора и их преимущественное использование

Тип пробы	Область применения
1	2
1. Точечные пробы	<p>Отбор точечных проб применяют, когда поток воды не однороден, значения определяемых показателей не постоянны; использование составной пробы делает неясными различия между отдельными пробами; при исследовании возможного наличия загрязнения или для определения времени (в случае автоматического отбора проб) его появления, а также при проведении обширной программы отбора проб.</p> <p>Точечные пробы предпочтительнее, если цель программы отбора проб – оценить качество воды по отношению к нормативам содержания (предельно допустимых концентраций) показателей в воде, установленных в НД, а также рекомендуются для определения неустойчивых показателей (концентрация растворенных газов, остаточного хлора, растворимых сульфидов и др.)</p>
2. Периодический отбор – периодические пробы времязависящие	<p>Пробы отбирают в одну или более емкостей. За фиксированное время (используя устройство отсчета времени начала и окончания отбора) в каждую емкость для отбора проб отбирается один и тот же установленный объем.</p> <p>В р е м я отбора может зависеть от определяемого показателя</p>
– периодические пробы потокозависящие	<p>Пробы различных объемов берутся за постоянные интервалы времени, объем зависит от потока. Метод отбора применяют, если изменения в составе воды и скорость потока не взаимосвязаны</p>
– периодические пробы объемозависящие	<p>Для каждой единицы объема потока воды проба берется независимо от времени. Метод отбора применяют, если изменения в составе воды и скорость потока не взаимосвязаны</p>

О к о н ч а н и е т а б л . 5

1	2
<p>3. Непрерывный отбор: – непрерывные пробы, отобранные при постоянной скорости потока</p>	<p>Пробы позволяют получить все сведения о показателях воды за период отбора проб, но, во многих случаях, не обеспечивают информацию о различиях в концентрациях определяемых показателей</p>
<p>– непрерывные пробы, отобранные при непостоянной скорости потока</p>	<p>Пробы отбирают пропорционально потоку воды. Метод используют при определении состава большого объема воды. Это наиболее точный метод отбора проб проточной воды, если скорость потока и концентрация определяемых показателей изменятся значительно</p>

4. Оборудование для отбора проб

4.1. Оборудование для отбора точечных проб на определенной глубине

Для отбора точечных проб на заданной глубине применяют батометры. Допускается отбор проб воды бутылкой. Бутыль закрывают пробкой, к которой прикреплен шнур, и вставляют в тяжелую оправу или к ней подвешивают груз на тросе (шнуре, веревке). Бутыль опускают в воду на заранее выбранную глубину, затем пробку вынимают при помощи шнура, бутылка заполняется водой до верха, после чего вынимается. Перед закрытием бутылки пробкой слой воды сливается так, чтобы под пробкой оставался небольшой слой воздуха.

Пробу воды с небольшой глубины (особенно зимой) отбирают бутылкой, прикрепленной к шесту.

Для исследования вертикального профиля воды при ее слоистой структуре допускается применять стакан с делениями, пластмассовый цилиндр или цилиндр из нержавеющей стали, открытый с обоих концов. В точке отбора проб цилиндр перед поднятием на поверхность закрывают с обоих концов специальным устройством (управляющим тросом).

4.2. Оборудование для отбора проб донных отложений

Отбор проб донных отложений проводят дночерпателями, соответствующими по их массе или способу действия залеганию нижнего слоя грунта.

Для отбора проб донных отложений с лодки или катера в зависимости от типа грунта применяют дночерпатели следующих моделей:

- коробочный дночерпатель;
- ковшовый дночерпатель.

Спуск и подъем облегченных моделей дночерпателей с площадью захвата $1/40 \text{ м}^2$ выполняют с помощью механической лебедки или удерживая дночерпатель руками. Утяжеленные дночерпатели и дночерпатели с площадью захвата $1/25 \text{ м}^2$ опускают с судна при помощи электрической лебедки.

Для отбора проб в прибрежных зонах водных объектов на глубине до 2,5 м применяют:

- дночерпатели, опускаемые на штанге (площадь захвата $1/40 \text{ м}^2$);
- трубчатый дночерпатель (площадь захвата $1/250 \text{ м}^2$).

Выбор дночерпателя проводят в зависимости от места отбора проб, скорости движения воды, типа грунта и имеющегося лодочного оборудования.

Для исследования вертикального профиля донных отложений применяют стержневой пробоотборник.

Для проведения качественного анализа бентоса отбор проб проводят дночерпателями, скребками, драгами или тралами различной конструкции. Скребки применяют на мелководных участках водоема, драги – как на мелководных, так и на глубоких участках.

4.3. Автоматическое оборудование для отбора проб

Применяют два основных типа автоматических пробоотборников – времязависящие и объемозависящие. Времязависящие пробоотборники отбирают дискретные, составные или непрерывные пробы, но не учитывают различия в потоке. Объемозависящие отбирают эти же типы проб с учетом различия в потоке. Автоматические пробоотборники могут распределять пробы в емкости для отбора проб, изготовленные из различных материалов и содержащие различные вещества для консервации проб.

4.4. Оборудование для отбора проб микробиологических показателей

Для большинства проб пригодны стерилизованные бутылки из стекла или одноразовая посуда из полимерных материалов. Для отбора проб на глубине (например, в озерах или водохранилищах) применяют приборы, аналогичные указанным в п. 4.1. Батометры должны быть изготовлены из материала, выдерживающего суховоздушную или паровую стерилизацию.

Вся используемая аппаратура, включая насосы и насосное оборудование, должна быть свободна от загрязнений (промыта) и не должна дополнительно вносить новые микроорганизмы.

5. Оборудование для отбора проб радиологических показателей

Оборудование для отбора проб аналогично указанному в п. 4.1.

Пробы отбирают в стеклянные или пластмассовые бутылки, предварительно очищенные моющим средством, разбавленной азотной кислотой и тщательно промытые водой.

6. Оборудование для отбора проб растворенных газов (летучих веществ)

Пробы, пригодные для правильного определения растворимых газов, должны быть получены только с помощью оборудования, которое собирает пробы перемещением воды быстрее, чем перемещение воздуха из пробоотборника.

Если для отбора проб растворенных газов используют насосы, то необходимо, чтобы вода накачивалась под давлением, которое не должно опускаться значительно ниже атмосферного давления. Пробу закачивают непосредственно в хранилище или емкость.

Допускается отбирать пробы для определения растворенного кислорода, используя бутылку или черпак. При этом следует учитывать, что концентрация растворенного кислорода из-за контакта между пробой и воздухом изменяется в зависимости от степени насыщения воды газом.

При отборе пробы в бутылки из крана или насоса гибкая инертная трубка, по которой поступает вода, должна доходить до дна бутылки для обеспечения наполнения жидкостью от дна бутылки.

Сбор проб растворенного кислорода из воды, покрытой льдом, выполняют так, чтобы предотвратить влияние воздуха на пробу.

7. Оборудование для отбора биологических проб

7.1. Фитопланктон

Для отбора проб фитопланктона используют:

- батометры;
- планктонные сети.

При использовании сети на мелководье применяют буксирование за лодкой, на глубоких местах – тотальный лов от дна к поверхности.

7.2. Зоопланктон

Отбор проб зоопланктона проводится следующими методами:

- методы, представляющие комбинацию водозачерпывания и одновременного отделения планктона от воды в самой воде с помощью планктонных сетей, планктоночерпателей;
- методы, представляющие комбинацию отдельного водозачерпывания и последующего отделения от воды, что осуществляется фильтрацией через сетку или отстаиванием.

Метод отбора проб зависит от типа водоема, его глубины и размеров.

Для качественного сбора зоопланктона применяют планктонные сети различных конструкций, используемые с лодок, плота, судна, опуская вручную или с помощью лебедки. Маленькие планктонные сети можно забрасывать с берега, не допуская зачерпывания грунта.

Для количественного сбора зоопланктона в зависимости от цели исследований применяют:

- количественные сети;
- батометры;
- емкости (кружки, ведра и т.п.).

7.3. Перифитон

Отбор проб перифитона проводят двумя методами:

- отбор проб с естественных субстратов;
- отбор проб с помощью искусственных субстратов.

Отбор проб с естественных субстратов проводят с помощью скребков, ножа, скальпеля, пинцета или столовой ложки с заточенным краем.

В качестве искусственных субстратов используют предметные стекла. Стекла укрепляют вертикально в текучих водоемах параллельно течению во избежание оседания детрита, грязи, мусора и т.п. Стекла вставляют в пенопластовые поплавки (резиновые пробки), поплавки надевают на трос. Длительность экспозиции определяется географическим положением, качеством воды изучаемого объекта, сезоном года, целью исследования, но не менее 14 сут.

7.4. Макрофиты

Для качественного отбора проб и зависимости от глубины воды используют следующее оборудование:

- водяные грабельки трех- и шестизубовые (при глубине воды не более 2–3 м);
- якорьки-кошки, двусторонние водяные грабли (при глубине более 2,5–3 м);
- мотки колючей проволоки с грузом;
- драги различных конструкций;
- смотровые трубы, изготовленные из металла, дерева и любого другого материала, или рупор (маску для аквалангистов).

Для количественного отбора проб дополнительно применяют рамы различных типов площадью 1; 0,5 и 0,25 м² и других размеров, квадратные, прямоугольные, круглые, изготовленные из дерева, алюминиевых или синтетических труб и других материалов с расчетом на их плавучесть.

Для отбора проб на фитомассу используют следующее оборудование:

- коса с лезвием длиной от пятки до конца 20–25 см, изготовленная из обыкновенной косы, у которой под углом срезают конец лезвия;
- зарослечерпатели (зарослевырезыватели) различных конструкций;
- «тростниковые ножницы».

7.5. Макрзообентос

Метод отбора выбирают в зависимости от ряда параметров: глубины воды, течения потока, вида объекта отбора и т.п.

Для отбора проб применяют сачки, скребки, дночерпатели или тралы и другие способы сбора.

7.6. Рыбы

Рыбы могут быть собраны активно и пассивно в зависимости от места распространения и цели отбора проб.

В ручьях и реках глубиной до 2 м отбор проб проводят по методике электрической ловли рыбы с применением однородных полей постоянного тока и импульсных полей постоянного и переменного тока. На больших реках для отбора проб используют разнообразные механизмы.

Для медленнотекущих рек и стоячих вод предпочтительны сетевые методы. Сети для активной ловли рыбы (кошельковый невод или траловая сеть) применяют в воде, свободной от загрязнений. Сети для пассивной ловли рыбы (крючки, траловые сети или рыболовные сети и другие ловушки) применяют там, где встречаются загрязнения или водоросли. Специальные ловушки, встроенные в плотину, используют для мигрирующей рыбы.

Методики отбора проб рыбы выбирают в зависимости от приспособлений (размер ячейки сети, характеристики электрического поля), повадки рыб,

правовых ограничений на использование электрических ловушек для ловли рыб, состояния пробы рыбы (живая или мертвая).

Экспериментальная часть

Составить приблизительный план забора воды из природного объекта по конкретному показателю, пользуясь табл. 1, 2, 3, 4:

1. Наименование показателя.
2. Тип пробы.
3. Оборудование для отбора пробы.
4. Материал, из которого изготовлена емкость для отбора и хранения пробы.
5. Метод хранения и консервации пробы.
6. Максимально рекомендуемый срок хранения.
7. Место проведения определений показателя.
8. Требования к оформлению результатов отбора пробы.

Выполните пробоотбор из исследуемого водного объекта и предоставьте отчет. Варианты заданий указаны в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Варианты заданий

Вариант	Наименование показателя
1	Запах
2	Общее число микроорганизмов; общие колиформы; термотолерантные колиформы; стрептококки; сальмонелла; шигелла и др.
3	Мутность
4	Цветность
5	Хлориды
6	Сульфаты
7	Нитраты
8	Кальций
9	Кадмий (суммарно)
10	Железо (суммарно)
11	Алюминий (суммарно)
12	Взвешенные и оседающие вещества
13	БПК (биохимическое потребление кислорода)
14	Жесткость общая
15	Водородный показатель

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет предоставляется преподавателю в виде письменно выполненной работы с подробным описанием пробоотбора по конкретному показателю, а также с образцом пробы водного объекта.

Контрольные вопросы

1. На основании какого документа производится пробоотбор?
2. Перечислите цели пробоотбора.
3. Какие вы знаете контролируемые показатели?
4. Какие типы проб вы знаете?
5. Какие требования предъявляются к оборудованию при отборе проб?
6. Какие требования предъявляются при оформлении результатов пробоотбора?
7. Перечислите оборудование, которое можно использовать для отбора биологических проб.

Лабораторная работа № 2

ФИЗИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

Цель работы: определить физические, органолептические, физико-химические свойства воды, характеризующие ее качество. Изучить и сравнить различные методы определения мутности, цветности воды и других ее характеристик, овладеть методикой анализа воды. Оценить экологическое состояние исследуемой воды по величинам определяемых показателей.

Теоретическая часть

Органолептическая оценка приносит много прямой и косвенной информации о составе воды и может быть проведена быстро и без каких-либо приборов.

К числу органолептических показателей относятся те параметры качества воды, которые определяют ее потребительские свойства и непосредственно влияют на органы чувств человека. К органолептическим характеристикам относятся *цветность, прозрачность, запах, вкус и привкус, пенистость*. При корректной оценке органолептических показателей (т.е. с использованием таблиц, шкал, различных критериев сопоставления) специалисты говорят об органолептических измерениях. Органолептическая оценка качества воды – обязательная начальная процедура санитарно-химического контроля воды.

Запах и вкус – это свойство воды, которое вызывает у человека и животных специфическое раздражение рецепторов слизистой оболочки носоглотки и языка. Химически чистая вода совершенно лишена вкуса и запаха. Однако в природе такая вода не встречается.

Причины изменения органолептических показателей воды

Температура. Температура воды в водоеме является результатом нескольких одновременно протекающих процессов, таких, как солнечная радиация, испарение, теплообмен с атмосферой, перенос тепла течениями, турбулентным перемешиванием вод и др. Обычно прогревание воды происходит сверху вниз. Годовой и суточный ход температуры воды на поверхности и глубинах определяется количеством тепла, поступающего на поверхность, а также интенсивностью и глубиной перемешивания. Суточные колебания температуры могут составлять несколько градусов и обычно проникают на небольшую глубину. На мелководье амплитуда колебаний температуры воды близка к перепаду температуры воздуха. Температура воды – важнейший фактор, влияющий на протекающие в водоеме физические, химические, биохимические и биологические процессы, от которого в значительной мере зависят кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения. Значения температуры используют для вычисления степени насыщения воды ки-

слородом, различных форм щелочности, состояния карбонатно-кальциевой системы, при многих гидрохимических, гидробиологических, особенно лимнологических исследованиях, при изучении тепловых загрязнений. Температура воды является показателем возможного теплового загрязнения водоема. Тепловое загрязнение водоема происходит обычно в результате сбрасывания в водоем воды с повышенной температурой.

Основные источники промышленных тепловых загрязнений – теплые воды электростанций и крупных промышленных предприятий. Тепловое загрязнение опасно тем, что вызывает интенсификацию процессов жизнедеятельности и ускорение естественных жизненных циклов водных организмов, изменение скоростей химических и биохимических реакций, протекающих в водоеме. В условиях теплового загрязнения значительно изменяются кислородный режим и интенсивность процессов самоочищения водоема, изменяется интенсивность фотосинтеза и др. Температура воды определяется непосредственно на водоеме калиброванным термометром с ценой деления 0,1–0,5 °С.

Запах. Свойство воды вызывать у человека и животных специфическое раздражение слизистой оболочки носовых ходов. Запах воды характеризуется видами запаха и интенсивностью запаха. Интенсивность запаха воды измеряется в баллах. Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, при химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами.

На запах воды оказывают влияние состав веществ, температура, значения рН, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д.

Характер и интенсивность запаха природной воды определяют органолептическим методом. По характеру запахи делят на две группы (табл. 1): *естественного происхождения* (живущие и отмершие в воде организмы, гнивающие растительные остатки и др.) и *искусственного происхождения* (примеси промышленных и сельскохозяйственных сточных вод).

Т а б л и ц а 1

Характер запаха

Естественного происхождения:	Искусственного происхождения:
землистый	нефтепродуктов (бензиновый и др.)
гнилостный	хлорный
плесневый	уксусный
торфяной	фенольный
травянистый и др.	сероводородный и др.

Основные причины возникновения привкуса и запаха в воде:

- гниющие растения;
- микроорганизмы, вызывающие возникновение плесневого, землистого или затхлого запаха и привкуса;
- продукты жизнедеятельности железистых и сернистых бактерий при разложении создают резко неприятный запах;
- продукты коррозии металлов, таких, как железо, марганец, медь, цинк, придают воде характерный резкий привкус.

Запах вызывают летучие пахнущие вещества. Запах воды характеризуется *видами запаха и интенсивностью запаха*. На запах воды оказывают влияние состав растворенных веществ, температура, значения рН и целый ряд прочих факторов.

По виду специалисты различают более десятка типов запаха (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Запахи естественного происхождения

Характер запаха	Примерный род запаха	Характер запаха	Примерный род запаха
1	2	1	2
Ароматический	Огуречный, цветочный	Плесневый	Затхлый, застойный
Болотный	Илистый, тинистый	Рыбный	Запах рыбьего жира, рыбы
Гнилостный	Фекальный, сточный	Сероводородный	Запах тухлых яиц
Древесный	Запах морской пены, древесной коры	Травянистый	Запах скошенной травы, сена
Землистый	Прелый, запах свежевспаханной земли, глинистый	Неопределенный	Запахи естественного происхождения, не подходящие под предыдущие определения

Запах воды характеризуется интенсивностью, которую оценивают по шестибальной шкале, приведенной в табл. 3 (ГОСТ Р 52769–2007). Для питьевой воды допускается запах не более 2 баллов.

Определение интенсивности запаха воды

Характер проявления запаха	Интенсивность запаха	Оценка интенсивности запаха, баллы
Отсутствие осязаемого запаха	никакого запаха	0
Запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом	очень слабый	I
Запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить на это внимание	слабый	II
Запах, легко обнаруживаемый, может быть причиной того, что вода неприятна для питья	заметный	III
Запах, обращающий на себя внимание, может заставить воздержаться от питья	отчетливый	IV
Запах, настолько сильный, что делает воду непригодной для питья	очень сильный	V

Вкус и привкус. Наиболее распространенный соленый вкус воды чаще всего обусловлен растворенным в воде хлоридом натрия, горький – сульфатом магния, кислый – избытком свободного диоксида углерода и т.д. Порог вкусового восприятия соленых растворов характеризуется следующими концентрациями (в дистиллированной воде), мг/л: NaCl – 165; CaCl₂ – 470; MgCl₂ – 135; MnCl₂ – 1,8; FeCl₂ – 0,35; MgSO₄ – 250; CaSO₄ – 70; MnSO₄ – 15,7; FeSO₄ – 1,6; NaHCO₃ – 450.

По силе воздействия на органы вкуса ионы некоторых металлов выстраиваются в следующие ряды:

катионы: NH₄⁺ > Na⁺ > K⁺ > Fe²⁺ > Mn²⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺;

анионы: OH⁻ > NO₃⁻ > Cl⁻ > HCO₃⁻ > SO₄²⁻.

Мутность. Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: слабая опалесценция, опалесценция, слабая, заметная и сильная муть.

Цветность. Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений, выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы. Определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами.

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п. Сточные воды некоторых предприятий также могут создавать довольно интенсивную окраску воды. Цветность природных вод колеблется от единиц до тысяч градусов.

Различают «истинный цвет», обусловленный только растворенными веществами, и «кажущийся» цвет, вызванный присутствием в воде коллоидных и взвешенных частиц, соотношения между которыми в значительной мере определяются величиной рН.

Прозрачность. Прозрачность (или светопропускание) природных вод обусловлена их цветом и мутностью, т.е. содержанием в них различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Воду в зависимости от степени прозрачности условно подразделяют на прозрачную, слабоопалесцирующую, опалесцирующую, слегка мутную, мутную, сильно мутную. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (как правило, шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в сантиметрах с указанием способа измерения.

Ослабление в мутной воде интенсивности света с глубиной приводит к большему поглощению солнечной энергии вблизи поверхности. Появление более теплой воды у поверхности уменьшает перенос кислорода из воздуха в воду, снижает плотность воды, стабилизирует стратификацию. Уменьшение потока света также снижает эффективность фотосинтеза и биологическую продуктивность водоема.

Определение прозрачности воды – обязательный компонент программ наблюдений за состоянием водных объектов. Увеличение количества грубодисперсных примесей и мутности характерно для загрязненных и эвтрофных водоемов.

Пенистость. Пенистостью считается способность воды сохранять искусственно созданную пену. Данный показатель может быть использован для качественной оценки присутствия таких веществ, как детергенты (поверхностно активные вещества) природного и искусственного происхождения и др. Пенистость определяют, в основном, при анализе сточных и загрязненных природных вод.

Нормативы органолептических показателей

Температура: в требованиях к качеству воды водоемов, используемых для купания, спорта и отдыха, указано, что летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3° С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца года за последние 10 лет. В водоемах рыбохозяйственного назначения допускается повышение температуры воды в результате спуска сточных вод не больше, чем на 5° С по сравнению с естественной температурой.

Мутность: в соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/дм³.

Цветность: Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. В соответствии с требованиями к качеству воды в зонах рекреации окраска воды не должна обнаруживаться визуально в столбике высотой 10 см. Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

Запах: В соответствии с ГОСТом показатель запаха, измеренный при 20 и 60 °С, не должен превышать 2 баллов.

Методики определения физических и органолептических показателей

В табл. 4 указаны наиболее часто используемые методики определения органолептических и физических показателей исследуемой водной пробы.

Т а б л и ц а 4

Используемые методики определения органолептических
и физических показателей

Наименование показателя	Метод определения, основной документ
1	2
Запах	Органолептика (ГОСТ 3351. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности)
Привкус	Органолептика (ГОСТ 3351. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности)

1	2
Цветность	Фотометрия (ГОСТ 3351. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности)
Мутность	Фотометрия (ГОСТ 3351. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности)
	Нефелометрия (ИСО 7027–90. Качество воды. Определение мутности)
	Измерение мутномером с погрешностью определения не более 10%

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы

Температура: Определение температуры происходит с помощью термометра. Измерение проводят 3 раза и находят среднеарифметическую величину.

Запах: Обычно запах определяют при нормальной (20 °С) и при повышенной (60 °С) температуре воды. Запах воды определяется после определения вкуса и характеризуется по виду и интенсивности в баллах.

Вкус и привкус: Интенсивность *вкуса* и *привкуса* в соответствии с ГОСТ Р 52769–2007 определяется также по шестибальной шкале (см. табл. 6). Различают четыре вида вкусов: *солёный, горький, сладкий, кислый*. Качественную характеристику оттенков вкусовых ощущений – привкуса – выражают описательно: хлорный, рыбный, горьковатый и так далее.

Мутность: Качественный метод определения мутности природного водоема с использованием специального диска, известного как диск Секи, получил распространение благодаря своей простоте. Диск Секи представляет собой диск, отлитый из бронзы (или другого металла с большим удельным весом), покрытый белой краской и прикрепленный к цепи (к нерастягивающемуся шнуру). Диск обычно имеет диаметр 200 мм с шестью отверстиями, каждое диаметром 55 мм, расположенными по кругу диаметром 120 мм. При определении мутности с помощью диска его опускают в воду настолько, чтобы он был едва заметен. Измеряют максимальную длину погруженной цепи (шнура), при которой диск еще заметен. Измерения повторяют несколько раз, т.к. возможно мешающее влияние отражения света от водной поверхности. Для значений, меньших 1 м, результат приводят с точностью до 1 см; для значений больших, чем 1 м, – с точностью до 0,1 м.

Данный метод удобен тем, что позволяет использовать для анализа мосты, обрывистые берега и др.

В лаборатории мутность воды определяют визуально – по степени мутности столба высотой 10–12 см в мутномерной пробирке. В этом случае пробу описывают качественно следующим образом: прозрачная; слабо опалесцирующая; опалесцирующая; слабо мутная; мутная; очень мутная (ГОСТ 24902–81).

Прозрачность: Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа. Последний метод регламентирован ИСО 7027. Он позволяет судить о прозрачности воды практически в любых условиях и на любом водоеме, независимо от его глубины, наличия мостов, погодных условий. Результаты выражаются в сантиметрах (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Характеристика вод по прозрачности

Прозрачность	Единица измерения, см
Прозрачная	Более 30
Мало мутная	Более 25 до 30
Средней мутности	Более 20 до 25
Мутная	Более 10 до 20
Очень мутная	Менее 10

Экспериментальная часть

Ход работы

1. Определение температуры

Оборудование: термометр.

Погрузите термометр в воду не менее чем на одну треть шкалы и выдержите в погруженном состоянии не менее 1–2 минут. Не вынимая термометра из воды, произведите отсчет показаний (с точностью до половины цены деления).

2. Определение запаха воды

2.1. Выполнение анализа при 20 °С

Оборудование: коническая колба вместимостью 250 мл с пробкой, часовое стекло, водяная баня.

Для определения запаха заполняют коническую колбу (вместимостью 250 мл) водой на 1/3 объема при 20 °С и закрывают пробкой.

Несколько раз сильно взбалтывают, затем открывают и тотчас же органолептически определяют характер запаха и его интенсивность (осторожно, не допуская глубоких вдохов!).

2.2. Выполнение анализа при 60 °С

Такое же определение выполняют при 60 °С. Подогревают колбу с водой на водяной бане, накрытую часовым стеклом. Содержимое колбы несколько раз перемешивают вращательными движениями.

Сдвигая стекло в сторону, быстро определяют характер и интенсивность запаха по шестибальной шкале согласно табл. 6.

3. Определение вкуса и привкуса

Определите вкус и привкус по шестибальной шкале (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Характеристика вод по интенсивности вкуса

Характер проявления вкуса и привкуса	Интенсивность вкуса и привкуса	Оценка вкуса и привкуса, баллы
Вкус и привкус не ощущается	Нет	0
Вкус и привкус сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании	Очень слабая	1
Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание	Слабая	2
Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде	Заметная	3
Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья	Отчетливая	4
Вкус и привкус настолько сильны, что делают воду непригодной к употреблению	Очень сильная	5

4. Определение мутности

4.1. Определение мутности воды визуальным способом

Оборудование. Пробирка стеклянная высотой 10–12 см; лист темной бумаги (в качестве фона).

Заполните пробирку водой до 10–12 см. Определите мутность воды, рассматривая пробирку сверху на темном фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном). Выберите подходящее определение для воды из приведенных в табл. 7.

Мутность воды

Оценка интенсивности мутности	Оценка интенсивности мутности
Мутность не заметна (отсутствует)	Слабо мутная
Слабо опалесцирующая	Мутная
Опалесцирующая	Очень мутная

5. Определение прозрачности

Оборудование. Стекланный цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см или более и высотой не менее 30 см (желательно 60 см) с дном из плоского отшлифованного или оптического стекла. Цилиндр должен быть снабжен экраном, хорошо защищенным от попадания бокового света.

Образец шрифта – четкий шрифт на белом фоне (высота 3,5 мм, ширина 0,35 мм) либо котировочная метка (черный крест на белой бумаге). Линейка, отградуированная в сантиметрах.

Пробу тщательно перемешайте и поместите в цилиндр. Установите цилиндр на высоте около 4 см над образцом шрифта. Добейтесь хорошего освещения шрифта при отсутствии попадания света на боковую поверхность цилиндра. Наблюдая сверху через столб воды, сливая или доливая воду в цилиндр, определите высоту столба, позволяющего отчетливо видеть шрифт (метку). Измеренное значение прозрачности (т. е. столба воды) записывайте с точностью до 1 см.

Питьевую воду считают прозрачной, если стандартный шрифт читается через слой воды 30 см и более.

6. Определение цветности

Цветность воды определяется визуально или фотометрически, сравнивая окраску пробы с окраской условной 100-градусной шкалы цветности воды, приготавливаемой из смеси бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и $CoSO_4$. Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. Можно определять цветность и качественно, характеризуя цвет воды в пробирке высотой 10–12 см (например, бесцветная, слабо-желтая, желтая, буроватая и т.д.). Предлагаемый ниже метод определения цветности, являющийся наиболее простым, в то же время рекомендован ГОСТ 24902–81. Цветность воды (кажущаяся) определяется в нефилтрованной пробе воды путем сравнения цвета анализируемой воды со стандартной окраской имитационной шкалы (табл. 8).

Таблица 8

Имитационная шкала стандартной окраски

Раствор 1	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Раствор 2	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84
Градусы	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

7. Определение пенистости

Оборудование. Колба вместимостью 500 мл, секундомер.

Колбу вместимостью на 0,5 л заполните на 1/3 водой, взболтайте воду в колбе в течение 30 с. Проба считается положительной, если пена сохраняется более 1 мин. Величина рН воды при этой процедуре должна быть 6,5–8,5 (при необходимости воду нейтрализуют).

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие сведения:

1. Название работы и дату ее выполнения.
2. Цель работы.
3. Номер и название опыта.
4. Краткое описание хода работы с указанием условий проведения опыта.
5. Рисунки и схемы используемых приборов.
6. Наблюдения.
7. Выводы.

Результаты анализа воды представьте преподавателю в виде табл. 9. Сравните полученные результаты с нормативными значениями качества воды. Сделайте вывод о качестве исследуемой воды.

Таблица 9

Физические и органолептические показатели качества воды

Показатель		Полученный результат		ПДК, мг/л
		Единицы измерения	Результат	
Температура		°С		
Мутность	по шкале стандартов			
	фотометрически	мг/дм ³		
Цветность	по шкале стандартов	градус		
	фотометрически	градус		
Прозрачность		см		
Запах	при 20 °С	балл		
	при 60 °С	балл		
Пенистость		мин		

Контрольные вопросы

1. Какие показатели относятся к органолептическим? Перечислите их.
2. Почему определение запаха производят при разных температурах?
3. Каким может быть характер запаха исследуемой пробы воды?
4. Какие нормативы предъявляются к температуре водного объекта в зависимости от его назначения?
5. Какие ионы и как влияют на вкус и привкус исследуемой воды?
6. Как происходит определение цветности воды?
7. От содержания каких веществ зависит пенистость воды?

Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ВОДЫ

Цель работы: изучить понятие pH среды, рассмотреть причины изменения pH среды в природных водах, знать нормативы pH среды, научиться выполнять определение pH водной среды экспериментальным путем.

Теоретическая часть

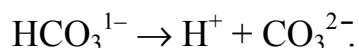
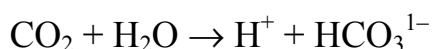
Определение величины водородного показателя (pH) служит важным показателем кислотности или щелочности природной воды и является результирующей величиной кислотно-основного взаимодействия ряда ее минеральных и органических компонентов. Следовательно, по величине pH определяется характер среды:

в нейтральной среде: $\text{pH} = \text{pOH} = 7$;

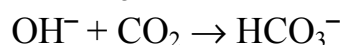
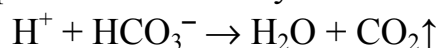
в кислой среде: $\text{pH} < 7$;

в щелочной среде: $\text{pH} > 7$.

Содержание ионов водорода H^+ (или гидроксония – H_3O^+) в природных водах определяется в основном количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов:



Природная вода способна сохранять значение pH более или менее постоянным, даже если в нее извне попадает определенное количество кислоты или основания. Если в литр дистиллированной воды внести каплю концентрированной соляной кислоты, то pH понизится с 7 до 4. А если каплю соляной кислоты добавить в литр речной воды с $\text{pH} = 7$, показатель почти не изменится. Кислоты и основания, попадающие в природную воду, нейтрализуются растворенными в ней гидрокарбонат-ионами и углекислым газом:



Гидрокарбонат-ионы нейтрализуют кислоты, попадающие в водоем с атмосферными осадками или образующиеся в результате жизнедеятельности организмов. С концентрацией гидрокарбонат-ионов напрямую связана устойчивость водоемов к кислотным дождям.

Причины изменения pH среды природных вод

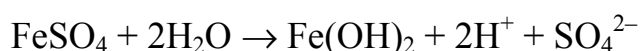
Природные воды из-за растворенных веществ редко имеют нейтральную реакцию. В пресных водах она чаще слабощелочная.

К числу процессов, приводящих к подкислению природных вод в естественных условиях, следует отнести следующие:

1) за счет одного природного компонента – CO_2 – степень кислотности атмосферных осадков и вод может варьировать в широком диапазоне;

2) растворение в воде, почвенном растворе гуминовых, фульвокислот, других органических кислот с константами диссоциации, соизмеримыми с константой диссоциации угольной кислоты. Например, гумусовые кислоты ($\text{pK} < 5$) в перегное лесной подстилки обогащают грунтовые воды лесной зоны ионами водорода и определяют слабокислую реакцию среды;

3) гидролиз природных солей (FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), которые образуются при бактериальном окислении сульфидов и гидролитически расщепляются при взаимодействии с водной средой и почвенной влагой:

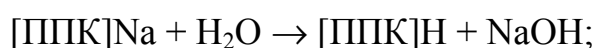


Подобные процессы характерны, например, для областей вулканической активности, рудничных, шахтных вод. Выделяющиеся в результате реакции ионы водорода обуславливают подкисление водной среды и сопряженное растворение карбонатных пород (сернокислотное выщелачивание) ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), что усугубляет ситуацию;

4) естественное подкисление атмосферных осадков под воздействием биогенных оксидов серы, оксидов азота, а также летучих органических соединений в концентрациях, характерных для континентальных воздушных масс;

5) гидролиз природных солей, составленных из слабых кислот и сильных оснований. Все главные катионы природных вод являются сильными основаниями (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), их соли со слабыми кислотами (например, карбонаты – известняки, доломиты) гидролизуются с образованием слабых кислот и сильных оснований. Поэтому подавляющее большинство природных вод имеют слабощелочную реакцию. Повышение величины рН до 8,5–10,5 чаще всего связано с присутствием соды;

6) при наличии ионов натрия в поглощенном состоянии потенциальная щелочность почвенного раствора проявляется как результат взаимодействия твердых фаз почвы с водой; в дальнейшем почвенный раствор с поверхностным стоком поступает в природные воды:



7) процессы фотосинтеза в эвфотических (сверхосвещенных) водоемах. Организмы, существующие при $\text{pH} > 8$, для получения углерода в виде CO_2 должны расщеплять другие компоненты карбонатной системы (HCO_3^- (CO_2)_{раств} + OH^-). Трансформация связанной формы CO_2 в органиче-

ское соединение в процессе фотосинтеза приводит к синтезу гидроксильных ионов;

8) резкое изменение величины рН вызывает сброс в рыбохозяйственный водоем кислых или щелочных стоков промышленных предприятий.

На величину рН оказывают также влияние и некоторые другие биохимические процессы.

Влияние на организм человека

При повышении уровня рН вода становится мылкой, неприятно пахнет. Она может раздражать глаза и кожу, вызывая ощущение жжения. При потреблении такой воды желудочно-кишечный тракт становится уязвимым для паразитирующих организмов. Она может спровоцировать многие заболевания.

Нормативы рН среды природных вод

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5.

Методики определения рН водной среды

В табл. 1 указаны наиболее часто используемые методики определения рН среды исследуемой водной пробы.

Т а б л и ц а 1

Используемые методики определения рН среды

Наименование показателя	Метод определения
Водородный показатель	Измеряется рН-метром, погрешность не более 0,1 рН
	Универсальная индикаторная бумага

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы

Определение рН среды природной воды возможно несколькими способами. Основные – это определение с помощью индикаторов и с помощью рН-метра.

Для определения с помощью индикаторов в основном используют: универсальный индикатор, метиловый оранжевый и фенолфталеин. В зависимости от окраски индикатора судят о величине рН исследуемой пробы.

Экспериментальная часть

Ход работы

Оборудование. Набор индикаторов, универсальная индикаторная бумага, набор пробирок. Приближенное значение рН пробы воды можно получить, используя различные индикаторы и универсальную индикаторную бумагу.

1. Определение рН исследуемой воды с помощью индикаторов

Налейте в три пробирки по 2–3 мл исследуемой воды. В первую пробирку добавьте 1–2 капли метилового оранжевого (метилоранжа), во вторую – 1–2 капли фенолфталеина. В третьей пробирке определите характер среды, смочив полоску универсальной индикаторной бумаги исследуемой водой. Запишите окраску индикаторов в воде и определите характер среды в воде (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Характер среды исследуемой воды

Исследуемая вода	Значение рН исследуемой воды				С(H ⁺)
	по индикаторной бумаге	по метило- вому оранжевому	по фенол- фталеину	по рН- метру	

2. Определение величины рН раствора с помощью рН-метра

Для определения величины рН раствора с помощью рН-метра чаще всего используют стеклянный электрод, ЭДС которого зависит от концентрации ионов водорода в растворе. Стеклянный электрод в паре с электродом сравнения (обычно используется насыщенный хлоридсеребряный электрод) при погружении в анализируемый раствор образуют электрохимическую ячейку. Величина ЭДС в такой ячейке определяется соотношением активностей ионов водорода по обе стороны мембраны. Электроды погружают в стаканчик с исследуемым раствором и измеряют рН. С помощью лаборанта определите рН исследуемой воды. Сравните полученный результат с результатами рН, полученными с помощью индикаторов. Определив значение рН по шкале прибора, рассчитайте концентрации ионов H⁺ в воде, используя соотношение:

$$\text{pH} = -\lg a(\text{H}^+) \approx -\lg C(\text{H}^+) \text{ или } C(\text{H}^+) = 10^{-\text{pH}}.$$

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие сведения:

1. Название работы и дату ее выполнения.
2. Цель работы.
3. Номер и название опыта.

4. Краткое описание хода работы с указанием условий проведения опыта.
5. Рисунки и схемы используемых приборов.
6. Наблюдения.
7. Заполненную таблицу.
8. Выводы.

Результаты анализа воды представьте в виде табл. 2. Сравните полученные результаты с нормативными значениями качества воды. Сделайте вывод о качестве исследуемой пробы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «рН среды».
2. Наличие каких ионов влияет на изменение рН среды водных объектов?
3. Перечислите причины изменения рН среды водных объектов.
4. Каковы существующие нормативы рН среды природных вод?
5. Дайте характеристику способам определения рН среды природных вод, указанным в лабораторной работе.

Лабораторная работа № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

Цель работы: изучить понятие жесткости воды, знать химию, виды и единицы измерения жесткости воды, научиться определять жесткость воды в исследуемой пробе.

Теоретическая часть

Жесткостью называют свойство воды, обусловленное наличием в ней растворимых солей кальция и магния.

Химия жесткости

Понятие жесткости воды принято связывать с катионами кальция (Ca^{2+}) и в меньшей степени магния (Mg^{2+}). В действительности, все двухвалентные катионы в той или иной степени влияют на жесткость. Они взаимодействуют с анионами, образуя соединения (соли жесткости), способные выпадать в осадок. Одновалентные катионы (например, натрий Na^{1+}) таким свойством не обладают.

Т а б л и ц а 1

Основные ионы, вызывающие жесткость воды

Катионы	Анионы
Кальций (Ca^{2+})	Гидрокарбонат (HCO_3^{1-})
Магний (Mg^{2+})	Сульфат (SO_4^{2-})
Стронций (Sr^{2+})	Хлорид (Cl^{1-})
Железо (Fe^{2+})	Нитрат (NO_3^{1-})
Марганец (Mn^{2+})	Силикат (SiO_3^{2-})

В табл. 1 приведены основные катионы металлов, вызывающие жесткость, и главные анионы, с которыми они ассоциируются.

На практике стронций, железо и марганец оказывают на жесткость столь небольшое влияние, что ими, как правило, пренебрегают. Алюминий (Al^{3+}) и трехвалентное железо (Fe^{3+}) также влияют на жесткость, но при уровнях pH, встречающихся в природных водах, их растворимость и, соответственно, «вклад» в жесткость ничтожно малы. Аналогично, не учитывается и незначительное влияние бария (Ba^{2+}).

Виды жесткости

Различают следующие виды жесткости.

Общая жесткость. Определяется суммарной концентрацией ионов кальция и магния. Представляет собой сумму карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной) жесткости.

Карбонатная жесткость. Обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов и карбонатов (при pH > 8,3) кальция и магния. Данный тип жесткости почти полностью устраняется при кипячении воды и поэтому называется временной жесткостью. При нагреве воды гидрокарбонаты распадаются с образованием угольной кислоты и выпадением в осадок карбоната кальция и гидроксида магния.

Некарбонатная жесткость. Обусловлена присутствием кальциевых и магниевых солей сильных кислот (серной, азотной, соляной) и при кипячении не устраняется (постоянная жесткость).

Единицы измерения

В мировой практике используется несколько единиц измерения жесткости, все они определенным образом соотносятся друг с другом. В России Госстандартом в качестве единицы жесткости воды установлен моль на кубический метр (моль/м³).

Кроме этого, в зарубежных странах широко используются такие единицы жесткости, как немецкий градус (d⁰, dН), французский градус (f⁰), американский градус, ppm CaCO₃.

Соотношение этих единиц жесткости представлено в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Единицы жесткости воды, используемые в мире

Единицы жесткости воды				
Моль/м ³ (мг-экв/л)	Немецкий градус, d ⁰	Французский градус, f ⁰	Американский градус	ppm (мг/дм ³) CaCO ₃
1,000	2,804	5,005	50,050	50,050

П р и м е ч а н и е .

Один немецкий градус соответствует 10 мг/дм³ CaO или 17,86 мг/дм³ CaCO₃ в воде.

Один французский градус соответствует 10 мг/дм³ CaCO₃ в воде.

Один американский градус соответствует 1 мг/дм³ CaCO₃ в воде.

Происхождение жесткости

Ионы кальция (Ca²⁺) и магния (Mg²⁺), а также других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, присутствуют во всех минерализованных водах. Их источником являются природные залежи известняков, гипса и доломитов. Ионы кальция и магния поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с минералами и при других процессах растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов могут служить также микробиологические процессы, проте-

кающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

Жесткость воды колеблется в широких пределах и существует множество типов классификаций воды по степени ее жесткости. Ниже в таблице приведены целых четыре примера классификации. Две классификации из российских источников – из справочника «Гидрохимические показатели состояния окружающей среды» [5] и учебника для вузов "Водоподготовка" [4]. А две – из зарубежных: нормы жесткости немецкого института стандартизации (DIN 19643) и классификация, принятая Агентством по охране окружающей среды США (USEPA) в 1986 г.

Табл. 3 наглядно иллюстрирует гораздо более «жесткий» подход к проблеме жесткости в зарубежных странах.

Т а б л и ц а 3

Сводная таблица требований к жесткости воды в России и зарубежных странах

Жесткость воды в мг-экв.	Справочник по гидрохимии /10/	Водоподготовка /9/	Германия DIN 19643	USEPA		
0 - 1.5	Мягкая (0 - 4 мг-экв.)	Очень мягкая (0 - 1.5 мг-экв.)	Мягкая (0 - 1.6 мг-экв.)	Мягкая (0 - 1.5 мг-экв.)		
1.5 - 1.6		Мягкая (1.5 - 3.0 мг-экв.)		Средней жесткости (1.6 - 2.4 мг-экв.)	Умеренно жесткая (1.5 - 3 мг-экв.)	
1.6 - 2.4			Достаточно жесткая (2.4 - 3.6 мг-экв.)			Жесткая (3 - 6 мг-экв.)
2.4 - 3.0						
3.0 - 3.6			Умеренно жесткая (3 - 6 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)		
3.6 - 4.0		Средней жесткости (4 - 8 мг-экв.)			Жесткая (6 - 9 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)
4.0 - 6.0	Жесткая (8 - 12 мг-экв.)		Очень жесткая (> 6 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)		
6.0 - 8.0		Очень жесткая (> 12 мг-экв.)			Очень жесткая (> 12 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)
8.0 - 9.0	Очень жесткая (> 12 мг-экв.)		Очень жесткая (> 12 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)		
9.0 - 12.0		Очень жесткая (> 12 мг-экв.)			Очень жесткая (> 12 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)
Свыше 12.0	Очень жесткая (> 12 мг-экв.)		Очень жесткая (> 12 мг-экв.)	Очень жесткая (> 6 мг-экв.)		

Обычно в маломинерализованных водах преобладает (до 70%-80%) жесткость, обусловленная ионами кальция (хотя в отдельных редких случаях магниевая жесткость может достигать 50–60%). С увеличением степени минера-

лизации воды содержание ионов кальция (Ca^{2+}) быстро падает и редко превышает 1 г/л. Содержание же ионов магния (Mg^{2+}) в высокоминерализованных водах может достигать нескольких граммов, а в соленых озерах – десятков граммов на один литр воды.

В целом жесткость поверхностных вод, как правило, меньше жесткости вод подземных. Жесткость поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям, достигая обычно наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья, когда обильно разбавляется мягкой дождевой и талой водой. Морская и океанская вода имеют очень высокую жесткость (десятки и сотни мг-экв/дм³).

Влияние жесткости на качество воды

С точки зрения применения воды для питьевых нужд ее приемлемость по степени жесткости может существенно варьироваться в зависимости от местных условий. Порог вкуса для иона кальция лежит (в пересчете на мг-эквивалент) в диапазоне 2–6 мг-экв/л, в зависимости от соответствующего аниона, а порог вкуса для магния еще ниже. В некоторых случаях для потребителей приемлема вода с жесткостью выше 10 мг-экв/л. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая отрицательное действие на органы пищеварения.

Всемирная Организация Здравоохранения не предлагает какой-либо рекомендуемой величины жесткости по показаниям влияния на здоровье. В материалах ВОЗ говорится о том, что хотя ряд исследований и выявил статистически обратную зависимость между жесткостью питьевой воды и сердечно-сосудистыми заболеваниями, имеющих данных недостаточно для вывода о причинном характере этой связи. Аналогичным образом, однозначно не доказано, что мягкая вода оказывает отрицательный эффект на баланс минеральных веществ в организме человека.

Вместе с тем в зависимости от рН и щелочности, вода с жесткостью выше 4 мг-экв/л может вызвать в распределительной системе отложение шлаков и накипи (карбоната кальция), особенно при нагревании. Именно поэтому нормами Котлонадзора вводятся очень жесткие требования к величине жесткости воды, используемой для питания котлов (0,05–0,1 мг-экв/л).

Кроме того, при взаимодействии солей жесткости с моющими веществами (мыло, стиральные порошки, шампуни) происходит образование «мыльных шлаков» в виде пены. Это приводит не только к значительному перерасходу моющих средств. Такая пена после высыхания остается в виде налета на сантехнике, белье, человеческой коже, на волосах (неприятное чувство «жестких» волос хорошо известно многим). Главным отрицательным воздействием этих шлаков на человека является то, что они разрушают естественную

жировую пленку, которой всегда покрыта нормальная кожа, и забивают ее поры. Признаком такого негативного воздействия является характерный «скрип» чисто вымытой кожи или волос. Оказывается, что вызывающее у некоторых раздражение чувство «мылкости» после пользования мягкой водой является признаком того, что защитная жировая пленка на коже цела и невредима. Именно она и скользит. В противном случае, приходится тратить на лосьоны, смягчающие и увлажняющие кремы и прочие хитрости для восстановление той защиты кожи, которой нас и так снабдила Природа.

Вместе с тем необходимо упомянуть и о том, что мягкая вода с жесткостью менее 2 мг-экв/л имеет низкую буферную емкость (щелочность) и может, в зависимости от уровня рН и ряда других факторов, оказывать повышенное коррозионное воздействие на водопроводные трубы. Поэтому, в ряде применений (особенно в теплотехнике) иногда приходится проводить специальную обработку воды с целью достижения оптимального соотношения между жесткостью воды и ее коррозионной активностью.

Нормативы жесткости воды в РФ

Нормы жесткости воды в России и мире сильно отличаются друг от друга. В России разрешена к применению вода, жесткость которой не превышает порог в 7 мг-экв/л, то есть не запрещается подавать населению очень жесткую воду.

Те же показатели в Европе не могут быть больше 1,2 мг-экв/литр. Это значит, что европейцы пьют мягкую воду, жесткость которой почти в шесть раз меньше установленной в России.

Возможные методики определения общей жесткости воды

В табл. 4 указаны наиболее часто используемые методики определения общей жесткости исследуемой водной пробы.

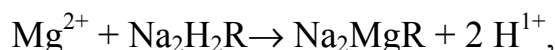
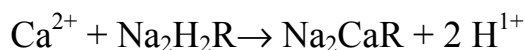
Т а б л и ц а 4

Используемые методики определения общей жесткости воды

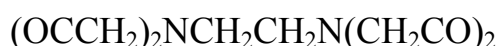
Наименование показателя	Метод определения, основной документ
Жесткость общая	Титриметрия (ГОСТ Р 52407–2005. Вода питьевая. Методы определения жесткости)

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы

Метод определения общей жесткости является комплексонометрическим (титриметрическим) и основан на образовании прочного комплексного соединения катионов кальция и магния с трилоном Б в щелочной среде (рН 10,0–10,5) в присутствии индикатора хром темно-синего кислотного:



где R – радикал этилендиаминтетрауксусной кислоты:



Диапазон измеряемых величин общей жесткости – от 0,5 до 10,0 ммоль/л эквивалента и более. При общей жесткости более 10,0 ммоль/л необходимо проводить разбавление пробы дистиллированной водой. При расчете необходимо учитывать коэффициент разбавления.

Продолжительность выполнения анализа – не более 5 мин.

Определению общей жесткости воды мешают: цинк, марганец, высокое содержание карбонатов и гидрокарбонатов, медь (в концентрациях более 0,1 мг/л).

При анализе загрязненных вод возможен нечеткий переход окраски при титровании, а также обесцвечивание раствора из-за присутствия в воде некоторых примесей в сточных и загрязненных поверхностных водах.

Анализ проводят в аммиачном буферном растворе при рН 10,0–10,5 титриметрическим методом в присутствии индикатора хром темно-синего кислотного. Общую жесткость в мг-экв/л вычисляют по формуле

$$\text{Ж} = \frac{V_{\text{ТР}} \cdot N \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}},$$

где $V_{\text{ТР}}$ – объем раствора трилона Б, израсходованного на титрование, мл;

N – концентрация титрованного раствора трилона Б с учетом поправочного коэффициента, г-экв/л;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ – объем воды, взятой на анализ, мл;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерения из г-экв/л в мг-экв/л.

В данном комплекте имеется титрант, содержащий все необходимые компоненты. Одна капля раствора титранта, добавляемая к пробе объемом 5 мл, эквивалентна жесткости 1 мг-экв/л.

Ввиду того, что солями жесткости являются соли разных катионов, имеющие разную молекулярную массу, концентрация солей жесткости, или жесткость воды, измеряется в единицах эквивалентной концентрации – коли-

чеством г-экв/л или мг-экв/л. При жесткости до 4 мг-экв/л вода считается мягкой; от 4 до 8 мг-экв/л – средней жесткости; от 8 до 12 мг-экв/л – жесткой; более 12 мг-экв/л – очень жесткой.

При проведении лабораторной работы должны соблюдаться следующие условия:

- 1) температура воды – от 10 до 35 °С;
- 2) температура воздуха – от 10 до 35 °С;
- 3) относительная влажность воздуха и атмосферное давление – не регламентируется.

Экспериментальная часть

Оборудование и реактивы:

Раствор титранта, склянка для титрования с пробкой, пипетка-капельница в футляре, шприц-дозатор, раствор буферный аммиачный, раствор индикатора хром темно-синего кислотного, раствор трилона Б.

Ход работы

1. Мерную склянку ополосните несколько раз анализируемой водой. В склянку налейте до метки анализируемую воду (5,0 мл).

2. Добавляйте в склянку разными пипетками 2–3 капли раствора буферного аммиачного и 1–2 капли раствора индикатора хром темно-синего.

3. Добавляйте раствор титранта постепенно, непрерывно перемешивая содержимое пробирки встряхиванием, до изменения цвета раствора (от розового до сиренево-синего). Вблизи точки эквивалентности после добавления очередной капли наблюдайте за окраской раствора не менее 10–20 с. Для уточнения количества капель раствора титранта, израсходованных на титрование, анализ рекомендуется повторить.

4. Определите величину общей жесткости воды в пробе в мг-экв/л в зависимости от объема пробы и количества капель раствора титранта.

1 капля титранта соответствует 1,0 мг-экв/л (при объеме пробы 5,0 мл).

Расчет общей жесткости в мг-экв/л проводят по формуле

$$Ж = \frac{5 \cdot N}{V},$$

где N – количество капель раствора титранта, мл;

V – объем анализируемой пробы, мл.

После проведения анализа склянку для титрования и пипетки промойте чистой водой, склянки с растворами реактивов герметично закройте и уложите в коробку.

Сделайте выводы.

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие сведения:

1. Название работы и дату ее выполнения.
2. Цель работы.
3. Номер и название опыта.
4. Краткое описание хода работы с указанием условий проведения опыта.
5. Рисунки и схемы используемых приборов.
6. Наблюдения и уравнения реакций.
7. Расчеты.
8. Выводы.

Сравните полученные результаты с нормативными значениями качества воды. Сделайте вывод о качестве исследуемой пробы.

Контрольные вопросы

1. Жесткость воды. Размерность. Проявления жесткости. Примеры.
2. Постоянная жесткость. Чем определяется, как устраняется? Примеры.
3. Временная жесткость. Чем определяется и как устраняется? Примеры.
4. Критерии оценки жесткости воды.
5. Сущность определения общей жесткости воды.
6. Как рассчитывается общая жесткость воды?

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ

Цель работы: знать основные источники поступления железа в водные объекты, нормативные показатели железа, научиться определять содержание общего железа в исследуемой пробе воды.

Теоретическая часть

Источники поступления в водные объекты

Железо относится к «тяжелым металлам». Главными источниками соединений железа в природных водах являются процессы химического выветривания и растворения горных пород. Железо реагирует с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами, образуя сложный комплекс соединений, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях. В природе железо в воде существует в трех формах (определенных его валентностью) в виде различных соединений и комплексов.

– *Элементарное железо* Fe нерастворимо в воде. В присутствии влаги и воздуха оно окисляется, превращаясь в ржавчину.

– *Двухвалентное железо* почти всегда растворимо. Вода, содержащая такое железо, бесцветна и прозрачна на вид, но при отстаивании образует красно-коричневый осадок.

– О наличии в воде нерастворимого *трехвалентного железа* можно судить по окрашенной воде и образованию красно-коричневого осадка.

В воде поверхностных источников железо обычно содержится в форме *органических соединений*, преимущественно коллоидных (нерастворимых в воде), а также в виде тонкодисперсных взвесей. Вода, содержащая коллоидное железо, окрашена при наливании, но не образует осадка.

Значительные количества железа поступают с подземным стоком. Вода скважин содержит железо в форме *коллоидных соединений*, при этом коллоидное железо приобретает красноватый цвет. Оно оседает на дне емкости. При интенсивном окислении коллоидное железо превращается в ржавчину, которая выпадает в осадок.

Железо может попадать со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками. В питьевой воде железо может присутствовать также вследствие применения на муниципальных станциях очистки воды железосодержащих коагулянтов, либо вследствие коррозии стальных поверхностей. Железо способно создавать благоприятные условия для

развития *бактериального железа*, представляющее собой соединение с вредными органическими молекулами. В результате деятельности такого железа водопровод может полностью «зарости» за несколько месяцев. Вода, содержащая бактериальное железо, может иметь радужную пленку на поверхности и образовывать желеобразные отложения в водопроводной системе.

Таким образом, железо существует в природе в различных формах в зависимости от степени окисления: Fe^0 , Fe^{2+} , Fe^{3+} , а также в виде различных сложных химических соединений.

Влияние на организм человека

Основной путь поступления железа в организм человека – с пищей. По оценкам ВОЗ, доля воды в общем объеме естественного поступления железа в организм среднестатистического человека не превышает 10%. Если организм получает металла выше нормы, то начинает накапливать его в печени и почках, что может вызвать сбой в работе этих органов. Длительное употребление человеком воды с повышенным содержанием железа может привести к заболеванию печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма. Такая вода неприятна на вкус, причиняет неудобства в быту. На многих промышленных предприятиях, где вода употребляется для промывки продукта в процессе его изготовления, в частности в текстильной промышленности, даже невысокое содержание железа в воде приводит к браку продукции.

Кроме того, вода с высоким содержанием железа – это еще и эстетическая проблема. Ржавые разводы покрывают сантехнику, белая одежда приобретает желтый оттенок, а цветная быстро выцветает. Пища, приготовленная на воде с высоким уровнем железа, имеет неприятный металлический привкус, а также может изменять цвет и свое качество. Некоторые промышленные процессы невозможны в воде с высоким содержанием железа, например крашение тканей.

Нормативные показатели концентрации железа в воде

В соответствии с ГН 2.1.5.689–98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» концентрация железа в воде в соответствии с ПДК не должна превышать 0,3 миллиграмма на один литр. В подземных естественных резервуарах Центрального региона она может колебаться от 0,05 до 10,0 мг/л, наиболее часто 3–5 мг/л. ПДК для железа(II) составляет 0,5 мг/л, для железа(III) – 0,05 мг/л.

Возможные методики определения содержания общего железа в воде

В табл. 1 указаны наиболее часто используемые методики определения общего железа в исследуемой водной пробы.

Т а б л и ц а 1

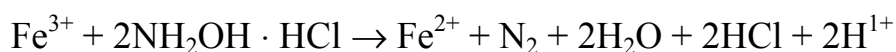
Используемые методики определения общего железа

Наименование показателя	Метод определения, основной документ
Железо (Fe, суммарно)	Фотометрия (ГОСТ 4011. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа)
	Атомно-абсорбционная спектрофотометрия (РД 52.24.377–95. Методические указания. Атомно-абсорбционное определение металлов (Al, Ag, Be, Cd, Co, Cr, Си, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn) в поверхностных водах суши с прямой электротермической атомизацией проб)
	Атомно-эмиссионная спектрометрия (ИСО 11885–96 Качество воды. Определение 33 элементов атомно-эмиссионной спектрометрией с индуктивно связанной плазмой)

**Методические рекомендации
к выполнению лабораторной работы**

Используемый метод определения железа является унифицированным на основе ГОСТ 4011.

Определение является визуально-колориметрическим и основано на способности катиона железа (2) в интервале рН 3–9 образовывать с ортофенантролином комплексное оранжево-красное соединение. При наличии в воде железа (3) оно восстанавливается до железа (2) солянокислым гидроксидом в нейтральной или слабокислой среде по реакции:



Таким образом, определяется суммарное содержание железа (2) и железа (3). Анализ проводится в ацетатном буферном растворе при рН=4,5 – 4,7.

Концентрация железа в анализируемой воде определяется по окраске пробы, визуально сравнивая ее с окраской образцов на контрольной шкале.

В лабораторных условиях для повышения точности анализа могут быть определены оптические плотности окрашенных проб с помощью фотоэлектроколориметра.

Концентрация общего железа в этом случае определяется по предварительно построенной градуировочной характеристике.

Данный метод часто используют при анализе поверхностных вод и питьевой воды.

Проведению анализа мешают медь и кобальт в концентрациях более 5 мг/л, никель – более 2 мг/л, марганец – более 50 мг/л, большое количество цианидов, нитритов, фосфатов.

Если проба содержит большое количество органических веществ, их необходимо предварительно минерализовывать, после чего анализировать.

Диапазон определяемых концентраций железа в воде – от 0,1 до 1,5 мг/л и более. При концентрации железа более 1,5 мг/л необходимо проводить разбавление пробы дистиллированной водой до концентраций, предусмотренных контрольной шкалой образцов окраски. При расчете необходимо учитывать коэффициент разбавления.

При проведении лабораторной работы должны соблюдаться следующие условия:

- 1) температура анализируемой воды – от 10 до 35 °С;
- 2) температура воздуха – от 10 до 35 °С;
- 3) относительная влажность воздуха и атмосферное давление – не регламентируется;
- 4) продолжительность выполнения анализа – не более 20 мин.

Экспериментальная часть

Оборудование и реактивы:

Бумага индикаторная универсальная, контрольная шкала образцов окраски, мерная склянка с пробкой, пипетка-капельница на 0,5 мл и 1,0 мл, раствор орто-фенантролина, раствор буферный ацетатный, раствор гидроокиси натрия, раствор соляной кислоты, раствор солянокислого гидроксиламина.

Ход работы

1. Отберите в склянку анализируемую воду до метки «10 мл», предварительно ополоснув ее 2–3 раза той же водой. Используя универсальную индикаторную бумагу и пипетку-капельницу, а также, в зависимости от рН среды, растворы NaOH (гидроксила натрия) либо HCl (соляной кислоты), доведите рН пробы до рН = 4...5.

2. Добавьте в склянку пипеткой-капельницей 4–5 капель раствора солянокислого гидроксилamina (около 0,2 мл). Склянку закройте пробкой и встряхните для перемешивания раствора.

3. Добавьте разными пипетками поочередно 1,0 мл ацетатного буферного раствора и 0,5 мл раствора орто-фенантролина. После каждого прибавления склянку закройте пробкой и встряхните для перемешивания раствора.

4. Раствор в склянке оставьте на 20 мин для полного развития окраски.

5. Проведите визуальное колориметрирование пробы. Для этого склянку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы и, освещая склянку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации железа в мг/л. При получении результата анализа учтите разбавление пробы дистиллированной водой, введя поправочный коэффициент (например, при разбавлении пробы в 2 раза полученное по шкале значение концентрации умножьте на 2).

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие сведения:

1. Название работы и дату ее выполнения.
2. Цель работы.
3. Номер и название опыта.
4. Краткое описание хода работы с указанием условий проведения опыта.
5. Наблюдения и уравнения реакций.
6. Выводы.

Сравните полученные результаты с нормативными значениями качества воды. Сделайте вывод о качестве исследуемой пробы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите возможные природные и антропогенные пути поступления железа в воду.
2. Какие формы железа чаще всего представлены в воде?
3. Какова предельно допустимая концентрация железа в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования?
4. Какие условия должны соблюдаться при проведении лабораторной работы?
5. Какие соединения будут мешать определению общего железа в воде?

Лабораторная работа № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В ВОДЕ

Цель работы: знать основные источники поступления нитрат-анионов в природные воды, нормативы нитрат-анионов в водных объектах различного назначения, уметь проводить анализ нитрат-анионов в исследуемой пробе воды.

Теоретическая часть

Источники поступления нитрат-анионов в природные воды

Нитраты являются солями азотной кислоты и обычно присутствуют в воде. Нитрат-анион содержит атом азота в максимальной степени окисления «+5». Нитратобразующие (нитратфиксирующие) бактерии превращают нитриты (соли азотистой кислоты) в нитраты (соли азотной кислоты) в аэробных условиях. Под влиянием солнечного излучения атмосферный азот (N_2) превращается также преимущественно в нитраты посредством образования оксидов азота.

Повышенное содержание нитратов в воде может служить индикатором загрязнения водоема в результате распространения фекальных либо химических загрязнений (сельскохозяйственных, промышленных). Богатые нитратными водами сточные каналы ухудшают качество воды в водоеме, стимулируя массовое развитие водной растительности (в первую очередь — сине-зеленых водорослей) и ускоряя эвтрофикацию водоемов.

Нитраты и нитриты в воде могут быть природного и антропогенного происхождения.

Основным источником поступления в водные объекты нитратов является органическое вещество почвы, минерализация которого обеспечивает постоянное образование нитратов. Скорость минерализации органического вещества зависит от его состава, совокупности экологических факторов, степени и характера землепользования. Поэтому динамика нитратов в земных экосистемах определенным образом связана с малым биологическим круговоротом азота.

Сельскохозяйственное использование почвы приводит к уменьшению запасов органического азота. Убыль почвенного азота усиливается при проведении агротехнических мероприятий, стимулирующих минерализацию органического вещества (севообороты с паром и пропашными культурами, интенсивная обработка почвы, внесение повышенных доз минеральных удобрений). В связи с этим роль почвенного азота в загрязнении природных вод нитратами и в накоплении растениями, по-видимому, более существенная, чем считалось до сих пор.

Соединения природного происхождения не достигают, как правило, опасных для здоровья концентраций. Они являются санитарными показателями, отражающими динамику процессов естественного самоочищения водных объектов от органического природного загрязнения.

Антропогенные источники нитратов подразделяются на аграрные (минеральные и органические удобрения, животноводческое производство), промышленные (отходы промышленного производства и сточные воды) и коммунально-бытовые. Роль каждого из этих источников в отдельных странах, регионах, областях неодинакова, что зависит от природных условий, соотношения аграрного и промышленного секторов, интенсивности их развития и масштабов производства, степени концентрации точечных источников нитратов и других факторов.

Азотные удобрения представляют собой главный антропогенный источник азота, который по своим масштабам приближается к биологической его фиксации на суше и по некоторым прогнозам уже в ближайшие десятилетия превысит ее.

В России, как и в других странах мира, азотные удобрения в основном производят в виде концентратов, при этом в их ассортименте наибольшее место занимают мочевины и аммиачная селитра. Преимущественное использование аммонийных и амидных форм азотных удобрений в земледелии не снижает опасности значительных потерь азота из почвы в силу быстрой нитрофикации аммонийного азота.

Хотя масштабы производства и применения азотных удобрений постоянно возрастают, сохраняется тенденция неравномерного распределения технического азота как по отдельным странам мира, так и в их пределах. Уровень применения азотных удобрений в экономически развитых странах значительно выше, чем в развивающихся.

По своему характеру действия на экологическую обстановку традиционные виды органических удобрений (навоз), применяемые в умеренных нормах (20–50 т/га), можно рассматривать как диффузный источник нитратов, который, обеспечивая определенный вклад в нитратный бюджет агроландшафтов, не приводит к выраженному загрязнению природных объектов нитратами. Однако постоянное увеличение поголовья скота, использование комплексов промышленного типа для репродукции и откорма животных, образование скоплений экскрементов и отходов с достаточно высоким содержанием азота в пределах ограниченной территории ставит вопрос об экологически безопасной утилизации отходов, в том числе в виде органических удобрений.

Отходы животноводческого производства, главные образом сточные воды и активный избыточный ил, отличаются высоким содержанием общего

азота (38–1500 мг/л), большая часть которого представлена органической и аммонийной формами.

Наряду с рассмотренными выше аграрными источниками увеличение уровня нитратов в агроландшафтах может быть обусловлено и иными формами сельскохозяйственной деятельности. Так, замена традиционных систем земледелия с участием и чередованием разнообразных культур более интенсивными и специализированными технологиями, которые способствуют усилению минерализации органического вещества почвы и разрушению ее структуры, ограничение площадей, занятых травами, распашка кормовых угодий под постоянную пашню, утяжеление машин и их использование на постоянных технологических колеях, отсутствие защитных зон вокруг полей приводят в конечном счете к усилению внутрипочвенного и поверхностного выноса азота. Введение в севообороты чистых паров способствует интенсивному образованию и накоплению нитратов в почве, которые могут теряться при продолжительном выпадении осадков или кратковременных, но обильных ливней. Потери нитратов из почвы возрастают при насыщении севооборотов пропашными культурами, агротехника которых требует большого числа междурядных обработок. В качестве косвенного фактора, увеличивающего вероятность выноса нитратов с дренажным стоком из почвы, можно рассматривать известкование почвы, стимулирующее минерализационные процессы. Концентрация нитратов в водоемах возрастает при мелиорации переувлажненных земель и в первые годы их сельскохозяйственного использования. Наиболее высокий уровень нитратов обнаруживается в магистральных водостоках, принимающих дренажные воды. Длительное сельскохозяйственное использование осушенных земель приводит к некоторому повышению содержания нитратов и в грунтовых водах. Потенциальное значение осадка сточных вод как источника нитратов определяется способом его утилизации, нормой внесения в почву и скоростью минерализации азотсодержащих соединений. Наиболее распространенный путь утилизации осадков сточных вод заключается в приготовлении на его основе компостов, непосредственном внесении в почву в норме от 100 до 400 м³/га с целью мелиорации земель или в качестве удобрения. На первых этапах компостирования осадка сточных вод преобладают процессы аммонификации. В целом роль илов, шламов как источника нитратов невелика, так как основное количество азота в них находится в трудногидролизуемых соединениях. Негативные последствия для окружающей среды осадков сточных вод связаны в основном с загрязнением природных объектов тяжелыми металлами и патогенными микроорганизмами.

Влияние на организм человека

Нитраты опасны для человека. Различают первичную токсичность собственно нитрат-иона; вторичную, связанную с образованием нитрит-иона, и третичную, обусловленную образованием из нитритов и аминов нитрозаминов. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8-15 г. при поступлении внутрь в значительных количествах могут вызвать отёк лёгких, одышку, рвоту, боли в области сердца, резкое уменьшение мочеотделения, токсический нефрит и гепатит. Признаки усиливаются при употреблении спиртных напитков. При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих нитраты (от 23,7 до 100 мг/л по азоту), повышается метгемоглобин, ухудшаются функции крови, особенно у детей. Выявлена прямая зависимость возникновения злокачественных опухолей от интенсивности поступления в организм нитратов. Известен случай массового отравления водопроводной водой, загрязнённой нитратом кальция (одно из минеральных удобрений). Суточная пороговая доза для человека – 4,2 мг/кг.

Нормативы содержания нитрат-анионов в воде

На основании СанПиН 2.1.4.559–96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», а также СанПиН № 4630–88 «ПДК и ОДУ вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» концентрация нитрат-иона в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования не должна превышать 45 мг/л».

Возможные методики определения содержания нитрат-анионов в воде

В табл. 1 указаны наиболее часто используемые методики определения нитрат-анионов исследуемой водной пробы.

Т а б л и ц а 1

Используемые методики определения нитратов в воде

Наименование показателя	Методы определения, основной документ
1	2
	Фотометрия (ГОСТ 18826. Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов, РД 52.24.380–95 Методические указания. Фотометрическое определение в водах нитратов с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе. Утверждены Росгидрометом)

1	2
	Спектрофотометрия (ИСО 7890-1–86 Качество воды. Определение содержания нитратов. Часть 1. Спектрометрический метод с применением 2,6-диметилфенола. ИСО 7890-2–86 Качество воды. Определение содержания нитратов. Часть 2. Спектрометрический метод с применением 4-фторфенола после перегонки. ИСО 7890-3–88 Качество воды. Определение содержания нитратов. Часть 3. Спектрометрический метод с применением сульфосалициловой кислоты)
	Ионная хроматография (ИСО 10304-1–92 Качество воды. Определение растворенных фторида, хлорида, нитрита, ортофосфата, бромида, нитрата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 1. Метод для вод с малыми степенями загрязнения. ИСО 10304-2–95 Качество воды. Определение растворенных бромида, хлорида, нитрата, нитрита, ортофосфата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 2. Метод для загрязненных вод)

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы

Данный метод предназначен для экспрессного количественного определения концентрации нитрат-анионов в питьевой, нормативно-очищенной сточной, природной и др. водах.

Метод определения нитрат-анионов в воде является унифицированным и основан на визуальном сравнении окраски пробы исследуемой воды с контрольной шкалой образцов окраски водных растворов с различным содержанием нитрат-анионов.

Определение нитрат-анионов данным методом основано на предварительном восстановлении нитрат-анионов до нитрит-анионов с последующим образованием азокрасителя в присутствии сульфаниловой кислоты и α -нафтиламина.

Диапазон определяемых концентраций нитрат-анионов в воде от 0 до 45 мг/л. Контрольная шкала образцов окраски проб для визуального колориметрирования отградуирована по концентрациям в мг/л:

0,0 – 1,0 – 5,0 – 10,0 – 20,0 – 45,0

Объем пробы, необходимой для анализа, должен составлять 6 мл. Продолжительность выполнения анализа должна быть не более 25 мин.

При проведении лабораторной работы должны соблюдаться следующие условия:

- 1) температура анализируемой воды – от 5 до 35 °С;
- 2) температура воздуха – от 0 до 35 °С;
- 3) относительная влажность воздуха и атмосферное давление – не регламентируется.

Экспериментальная часть

Оборудование и реактивы:

Контрольная шкала образцов окраски проб для визуального колориметрирования; пипетка-капельница на 3 мл; пробирки, градуированные на 15 мл, с пробкой; склянки для колориметрирования; флакон для приготовления реактива; шпатель; порошок восстановителя; раствор α -нафтиламина; раствор сульфаниловой кислоты.

Ход работы

Перед началом проведения лабораторной работы нужно приготовить реактив на нитрат-анионы. Для этого с помощью градуированных пробирок отмеряются равные объемы растворов №1 и №2 и смешиваются во флаконе для приготовления реактива на нитрат-анионы. Реактив готовится в количествах, необходимых для проведения анализа, и используется в день приготовления.

1. Градуированную пробирку ополосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку отберите 6 мл анализируемой воды (пробы), прибавьте дистиллят до метки «11», перемешайте.

2. К содержимому пробирки добавьте 2,0 мл свежеприготовленного реактива на нитрат-анионы, закройте пробирку пробкой и встряхните для перемешивания раствора.

3. Прибавьте в пробирку около 0,2 г порошка восстановителя, используя шпатель (0,2 г порошка заполняют 2 объема шпателя с «горкой»). Закройте пробирку пробкой и тщательно перемешайте.

4. Оставьте пробирку на 5 минут для полного протекания реакции, периодически встряхивая содержимое пробирки.

5. В склянку для колориметрирования перелейте раствор из пробирки до метки «10», стараясь не допустить попадания осадка в склянку.

6. Проведите визуальное колориметрирование пробы. Для этого мерную склянку поместите на белое поле контрольной шкалы и, освещая склянку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации нитрат-анионов в мг/л.

7. Результат анализа представьте в виде: мг/л.

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие сведения:

1. Название работы и дату ее выполнения.
2. Цель работы.
3. Номер и название опыта.
4. Краткое описание хода работы с указанием условий проведения опыта.
5. Рисунки и схемы используемых приборов.
6. Наблюдения и уравнения реакций.
7. Выводы.

Сравните полученные результаты с нормативными значениями качества воды. Сделайте вывод о качестве исследуемой пробы.

Контрольные вопросы

1. Назовите естественные пути поступления нитрат-аниона в природные воды.
2. Перечислите антропогенные пути поступления нитрат-анионов в водные объекты различного назначения.
3. Какие условия должны соблюдаться при проведении лабораторной работы?
4. Нормативы содержания нитрат-анионов в водных объектах различного назначения.
5. Расскажите о ходе лабораторной работы по определению содержания нитрат-анионов.

Лабораторная работа № 7

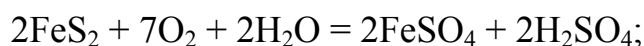
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУЛЬФАТОВ В ВОДЕ

Цель работы: знать основные источники поступления сульфат-анионов в водные объекты, нормативы по содержанию сульфатов в воде различного назначения, уметь проводить эксперимент по определению содержания сульфатов.

Теоретическая часть

Источники поступления сульфат-анионов в природные воды

Сульфаты – соли серной кислоты. Они имеют светлую окраску, небольшую твёрдость, многие из них растворимы в воде. Сульфаты присутствуют практически во всех поверхностных водах. Главным естественным источником сульфатов являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса, а также окисления сульфидов и серы:



Значительные количества сульфатов поступают в водоемы в процессе отмирания живых организмов, окисления наземных и водных веществ растительного и животного происхождения.

Из антропогенных источников сульфатов в первую очередь надо упомянуть шахтные воды и промышленные стоки производств, в которых используется серная кислота. Сульфаты выносятся также со сточными водами коммунального хозяйства и сельскохозяйственного производства.

Сульфаты участвуют в круговороте серы. При отсутствии кислорода под действием бактерий они восстанавливаются до сероводорода и сульфидов, которые при появлении в природной воде кислорода снова окисляются до сульфатов. Растения и бактерии извлекают растворенные в воде сульфаты для построения белкового вещества. После отмирания живых клеток в процессе разложения сера протеинов выделяется в виде сероводорода, легко окисляемого до сульфатов в присутствии кислорода.

Повышенные содержания сульфатов ухудшают органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека – они обладают слабительными свойствами.

Концентрация сульфата в природной воде лежит в широких пределах. В речных водах и в водах пресных озер содержание сульфатов часто колеблется

от 5–10 до 60 мг/дм³, в дождевых водах – от 1 до 10 мг/дм³. В подземных водах содержание сульфатов нередко достигает значительно больших величин.

Концентрация сульфатов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям и обычно коррелирует с изменением общей минерализации воды. Важнейшим фактором, определяющим режим сульфатов, являются меняющиеся соотношения между поверхностным и подземным стоком. Заметное влияние оказывают окислительно-восстановительные процессы, биологическая обстановка в водном объекте и хозяйственная деятельность человека.

Влияние на организм человека

Данные относительно суточного поступления сульфатов с рационом питания немногочисленны. По оценке экспертов, с соединениями сульфатов, используемыми в США в качестве пищевых добавок, каждым жителем страны потребляется в среднем 453 мг сульфатов в сутки.

Суточное поступление сульфатов с питьевой водой, особенно при использовании бутылочной минеральной воды, чрезвычайно вариабельно.

Сульфаты плохо всасываются из кишечника человека; они медленно проникают через клеточные мембраны млекопитающих и быстро выводятся через почки. Минимальная летальная доза сульфата магния для млекопитающих, описанная в литературе, составляет 200 мг/кг массы тела. Концентрация сульфатов 1,0–2,0 оказывает на человека слабительное действие, приводя к очищению пищеварительного канала. Этот эффект может наблюдаться также у грудных детей при поглощении ими сульфатов в количестве, равном 21 мг/кг массы тела в сутки. Сульфат магния в концентрациях выше 100 мг/л действует на здоровых людей как слабительное, но более низкие концентрации, по-видимому, физиологически безвредны. У чувствительных лиц реакция на сульфат магния отмечается уже при концентрации 400 мг/л, а у впервые использующих или случайно принявших его лиц эффект может наблюдаться при концентрациях, превышающих 700 мг/л. Со временем человек адаптируется к более высоким концентрациям сульфатов в воде.

Пороговые концентрации по привкусу для наиболее распространенных сульфатных солей составляют: 200–500 мг/л для сульфата натрия, 250–900 мг/л для сульфата кальция и 400–600 мг/л для сульфата магния.

На основании вышеуказанных величин, которые близки также к концентрациям, вызывающим слабительный эффект, предлагается рекомендуемая величина 400 мг/л.

Нормативы содержания сульфат-анионов в воде

ПДК сульфатов согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» – 500 мг/дм³.

Возможные методики определения содержания сульфат-анионов в воде

В табл. 1 указаны наиболее часто используемые методики определения сульфат-анионов в исследуемой водной пробе.

Т а б л и ц а 1

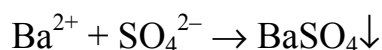
Используемые методики определения сульфатов в воде

Наименование показателя	Методы определения, основной документ
Сульфаты	Турбидиметрия (ГОСТ 4389–72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов)
	Гравиметрия (ГОСТ 4389–72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов)
	Ионная хроматография (ИСО 10304-1–92 Качество воды. Определение растворенных фторида, хлорида, нитрита, ортофосфата, бромида, нитрата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 1. Метод для вод с малыми степенями загрязнения. ИСО 10304-2–95 Качество воды. Определение растворенных бромида, хлорида, нитрата, нитрита, ортофосфата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 2. Метод для загрязненных вод)

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы

Данный метод определения предназначен для экспрессного определения массовой концентрации сульфат-анионов в питьевой, природной и нормативно-очищенной сточной водах в полевых, лабораторных, производственных и др. условиях.

Метод определения массовой концентрации сульфат-анионов с катионами бария с образованием нерастворимой суспензии сульфата бария протекает по реакции:



О концентрации сульфат-анионов судят по количеству суспензии сульфата бария, которое определяют турбидиметрическим методом. Предлагаемый наиболее простой вариант турбидиметрического метода основан на измерении с помощью мутномера высоты столба суспензии по его прозрачности и применим при концентрациях сульфат-анионов не менее 30 мг/л.

Анализ выполняют в прозрачной воде (при необходимости воду фильтруют).

Диапазон определяемых значений массовых концентраций сульфатов – от 30 мг/л и более.

При проведении лабораторной работы должны соблюдаться следующие условия:

- 1) температура анализируемой воды – от 5 до 35 °С;
- 2) температура воздуха – от 0 до 35 °С;
- 3) относительная влажность воздуха и атмосферное давление – не регламентируется;
- 4) продолжительность выполнения анализа – не более 10 мин;
- 5) объем пробы, необходимый для анализа, составляет 20–30 мл.

Экспериментальная часть

Оборудование и реактивы:

Мутномер; пипетка-капельница – 0,5 мл; пробирки мутномерные с рисунком; шкала миллиметровая; шприц медицинский с соединительной трубкой; пипетка; раствор нитрата бария; раствор соляной кислоты (1:1).

Ход работы

Прежде чем выполнять работу, следует произвести подготовку. Экран мутномера установите под углом около 45° к подставке. Работу проводите при рассеянном, но достаточно сильном (200–500 лк) дневном (искусственном, комбинированном) освещении экрана мутномера. В каждое отверстие мутномера вставьте мутномерную пробирку с надетым на нее резиновым кольцом в положении, фиксирующем пробирку таким образом, чтобы нижняя ее часть была выдвинута в вырез мутномера на расстоянии около 1 см (при этом дно пробирки окажется на требуемом расстоянии – около 2 см от экрана).

1. Поместите в отверстия мутномера две пробирки с рисунком на дне. В одну из пробирок налейте анализируемую воду до высоты 100 мм.

2. Добавьте к содержимому пробирки пипетками 2 капли раствора соляной кислоты и 14–15 капель раствора нитрата бария. **Соблюдайте осторожность: нитрат бария токсичен!**

3. Герметично закройте пробирку пробкой и встряхните, чтобы перемешать содержимое.

4. Пробирку с раствором оставьте на 5–7 мин для образования белого осадка (суспензии).

5. Закрытую пробирку снова встряхните, чтобы перемешать содержимое.

6. Пипеткой перенесите образовавшуюся суспензию во вторую (пустую) пробирку до тех пор, пока в первой пробирке появится изображение рисунка на дне. (Если изображение на дне мутномерной пробирки возникает при высоте столба суспензии менее 40 мл, пробу разбавляют дистиллированной водой в 2 раза и определение повторяют. Если в этом случае суспензия окажется слишком концентрированной, определение повторяют при разбавлении анализируемой воды в 4 раза, в 8 раз и т.д., увеличивая степень разбавления каждый раз вдвое.) Измерьте высоту столба суспензии в первой пробирке (h_1 , мм). Наблюдение проводите, направляя свет на вращающийся экран мутномера, установленный под углом 45° .

7. Продолжайте переносить суспензию во вторую пробирку до тех пор, пока в ней не скроется изображение рисунка. Измерьте высоту столба суспензии во второй пробирке (h_2 , мм).

8. Рассчитайте среднее арифметическое измерений высоты столба суспензии (h) по формуле

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}.$$

9. По табл. 2 определите концентрацию сульфат-аниона в мг/л.

Т а б л и ц а 2

Шкала определения концентрации сульфат-аниона
в зависимости от высоты столба суспензии

Высота столба суспензии (h),мм	Массовая концентрация сульфат-аниона, мг/л	Высота столба суспензии (h),мм	Массовая концентрация сульфат-аниона, мг/л
100	33	65	50
95	35	60	53
90	38	55	56
85	40	50	59
80	42	45	64
75	45	40	72
70	47	-	-

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие сведения:

1. Название работы и дату ее выполнения.
2. Цель работы.
3. Номер и название опыта.
4. Краткое описание хода работы с указанием условий проведения опыта.
5. Рисунки и схемы используемых приборов.
6. Наблюдения и уравнения реакций.
7. Расчеты, таблицы, графики.
8. Выводы.

Сравните полученные результаты с нормативными значениями качества воды. Сделайте вывод о качестве исследуемой пробы.

Контрольные вопросы

1. Назовите естественные пути поступления сульфат-анионов в водные объекты.
2. Перечислите антропогенные источники поступления сульфат-анионов.
3. Какие существуют нормативы по содержанию сульфат-анионов в воде различного назначения?
4. Какие требования должны соблюдаться при проведении лабораторной работы?
5. На чем основан метод определения массовой концентрации сульфат-анионов?
6. Как влияет на организм избыток в питьевой воде сульфат-анионов?

Лабораторная работа № 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИДОВ В ВОДЕ

Цель работы: изучить источники поступления хлоридов в природные воды, знать нормативные показатели, уметь определять содержание хлорид-ионов в водной пробе.

Теоретическая часть

Источники поступления хлоридов в природные воды

Хлориды – это соли соляной кислоты. Хлориды являются преобладающим анионом в высокоминерализованных водах. Концентрация хлоридов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям, коррелирующим с изменением общей минерализации воды. Магматические породы с хлорсодержащими минералами (хлорапатит, содалит и др.), а также соленосные отложения (галит) являются первичными источниками хлоридов.

Все природные воды содержат в своем составе хлориды, чаще всего встречающиеся в виде натриевых, магниевых и кальциевых солей. Их естественное содержание в грунтовых и артезианских водах обусловлено вулканическими выбросами, а также результатами кругового взаимодействия атмосферных осадков с почвами и обмена через атмосферу с океаном. Хлориды, содержащиеся в значительном количестве в воде, могут быть следствием вымывания хлористых соединений или поваренной соли из пластов, соприкасающихся с водой.

Воды подземных источников, некоторых озер и морей в большом количестве содержат хлорид натрия (NaCl); присутствующий в воде хлорид кальция (CaCl_2) придает ей некарбонатную жесткость.

При оценке санитарного состояния водоема учитывают показатель содержания хлоридов в воде. Так, к примеру, незначительное содержание хлоридов отмечается в водах северной части России обычно, не выше 10 мг/л, тогда как соответствующий показатель, характерный для южных регионов, доходит до 10–100 мг/л.

Прослеживается тенденция заметных сезонных колебаний концентрации хлорид-ионов в поверхностных водах, что связано с коррелирующим изменением общей минерализации. Это обусловлено критерием загрязнения водоема из-за попадания в него хозяйственно-бытовых стоков.

Высокое содержание хлоридов заметно ухудшает вкусовые качества воды, делает ее соленой на вкус, а также практически непригодной для хозяйственных и технических нужд, в том числе для оросительных работ на сельскохозяйственных угодьях.

Соленые (*хлоридные*) воды содержат соли хлоридной группы. Чаще всего катионный состав таких вод представляет натрий, образующий в сочетании с хлором поваренную соль, чем и обеспечен их соленый вкус. Причем хлористый натрий заметно доминирует относительно других солей практически во всех хлоридных водах.

Хлористый магний преобладает в горько-соленых водах, где его все равно намного меньше, чем поваренной соли. Превышает количество растворенной поваренной соли в некоторых случаях содержащийся хлористый кальций в водах хлоридно-кальциевого типа.

Отличием хлоридов от карбонатных и сульфатных ионов является их не-предрасположенность к созданию ионных ассоциированных пар. Слабо выраженная сорбция с взвешенными веществами, легкая растворимость и потребление водными организмами объясняется хорошей миграционной способностью хлоридных анионов.

Влияние на организм человека

Обеззараживание воды, поступающей из природных водоемов, проводится в основном при помощи хлора. Хлор, образуя соединения (всего их идентифицировано 11), превращается из защитника в медленного убийцу. Производные хлора (хлороформ, хлорфенол, хлориды, остаточный хлор и т.д.) обладают онкогенным (канцерогенным) и мутагенным действием, то есть способны влиять на генетический аппарат человека. Высокое содержание в воде хлора и его соединений провоцирует респираторно-вирусные заболевания, пневмонию, гастриты и, что самое страшное, – предположительно онкологические заболевания. Согласно данным Американского национального онкологического института на счет хлороформа, содержащегося в питьевой воде, можно отнести около 2 % случаев заболевания раком почек и печени. Такое же заключение вынесли и финские ученые. Несмотря на это, хлор продолжает активно применяться для обеззараживания воды. Более того, исследования последних лет показали, что многие вирусные загрязнения устойчивы к воздействию хлора. Если же в воду попадет фенол, то такое сочетание чревато образованием диоксинов, которые относятся к категории особо опасных ядов даже в микроскопически малых дозах. Проникновение воды в организм через пищевод может быть не единственным и даже не основным источником риска, так как поглощение вредных веществ через кожу сильно недооценивалось.

Таким образом, при попадании в организм человека воды, содержащей избыточное количество хлоридов:

- раздражаются слизистые оболочки, глаза, кожные покровы, дыхательные пути;

- проявляется негативное воздействие на секреторную деятельность желудка;
- ухудшается пищеварение;
- нарушается водно-солевой баланс;
- возникает вероятность развития заболеваний системы кровообращения;
- появляется склонность к возникновению новообразований мочеполовых органов, органов пищеварения, желудка, пищевода;
- избыточное поступление в организм хлористого натрия увеличивает частоту сердечно-сосудистых заболеваний;
- появляется склонность к гипертензивным состояниям, повышенной реактивности сосудов;
- возникает вероятность желче- и мочекаменных заболеваний.

Нормативы содержания хлорид-анионов в воде

ПДК (предельно допустимая концентрация) хлоридов в воде не должна превышать 300–350 мг/л.

Возможные методики определения содержания хлоридов в воде

В табл. 1 указаны наиболее часто используемые методики определения хлорид-анионов в исследуемой водной пробе.

Т а б л и ц а 1

Используемые методики определения хлоридов в воде

Наименование показателя	Метод определения, основной документ
Хлориды	Титриметрия (ГОСТ 4245. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов)
	Ионная хроматография (ИСО 10304-1-92. Качество воды. Определение растворенных фторида, хлорида, нитрита, ортофосфата, бромида, нитрата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 1. Метод для вод с малыми степенями загрязнения. ИСО 10304-2-95 Качество воды. Определение растворенных бромида, хлорида, нитрата, нитрита, ортофосфата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 2. Метод для загрязненных вод)

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы

Данный метод определения предназначен для количественного экспресс-определения массовой концентрации хлорид-анионов в питьевой, природной и нормативно-очищенной сточной водах в полевых, лабораторных и производственных условиях.

Метод определения основан на реакции взаимодействия хлорид-ионов с ионами серебра с образованием нерастворимого осадка хлорида серебра. В качестве индикатора используется хромат калия, который реагирует с избытком нитрата серебра, при этом желтая окраска раствора переходит в оранжево-желтую. Титрование выполняется в пределах рН 5,0–8,0. Используемый метод соответствует ИСО 9297.

Диапазон определяемых значений массовых концентраций хлоридов от 4 мг/л и более.

Объем пробы, необходимый для анализа, составляет 10 мл. Продолжительность выполнения анализа – не более 5 мин.

При проведении лабораторной работы должны соблюдаться следующие условия:

- 1) температура анализируемой воды – от 5 до 35 °С;
- 2) температура воздуха – от 0 до 35 °С;
- 3) относительная влажность воздуха и атмосферное давление – не регламентируется.

Экспериментальная часть

Оборудование и реактивы:

Пипетка-капельница; шприц медицинский для титрования; склянка; пипетка для титрования; раствор хромата калия; раствор нитрата серебра.

Ход работы

1. Мерную склянку ополосните несколько раз анализируемой водой. В склянку налейте до метки анализируемую воду (10,0 мл).

2. Добавьте в склянку пипеткой-капельницей 3 капли раствора хромата калия.

3. Герметично закройте склянку пробкой и встряхните, чтобы перемешать содержимое.

4. Постепенно по каплям титруйте содержимое склянки раствором нитрата серебра при перемешивании до появления не исчезающей оранжево-желтой окраски раствора. Определите объем раствора нитрата серебра, израсходо-

ванный на титрование (V_{AgNO_3} , мл). При необходимости повторите определение.

5. Рассчитайте концентрацию хлорид-аниона в ($C_{\text{хл}}$, мг/л) анализируемой воде по формуле

$$C_{\text{хл}} = V_{\text{AgNO}_3} \cdot 178.$$

При анализе растворов с низким содержанием хлорид-анионов менее 10 мг/л рекомендуется увеличить объем анализируемой пробы (но не более 250 мл). Концентрацию хлорид-анионов рассчитайте по формуле

$$C_{\text{хл}} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \cdot H \cdot 35,5 \cdot 1000}{V_A},$$

где V_{AgNO_3} – объем раствора нитрата серебра, израсходованный на титрование, мл;

H – концентрация раствора нитрата серебра, моль/л эквивалента;

V_A – объем воды, взятой на анализ, мл;

35,5 – эквивалентная масса хлора;

1000 – коэффициент пересчета единиц измерений из г/л в мг/л.

Отчет о проделанной лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие сведения:

1. Название работы и дату ее выполнения.
2. Цель работы.
3. Номер и название опыта.
4. Краткое описание хода работы с указанием условий проведения опыта.
5. Рисунки и схемы используемых приборов.
6. Наблюдения и уравнения реакций.
7. Расчеты.
8. Выводы.

Сравните полученные результаты с нормативными значениями качества воды. Сделайте вывод о качестве исследуемой пробы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите естественные пути поступления хлорид-анионов в природные воды.
2. Назовите антропогенные источники поступления хлорид-анионов.
3. Как влияют на организм человека соединения хлора?
4. Какие условия необходимо соблюдать при проведении эксперимента?
5. Назовите нормативные показатели содержания хлорид-анионов в воде.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Агроландшафт – это преобразованный под влиянием сельскохозяйственного производства природный ландшафт. Преобразование может быть как созидательным, так и разрушительным. В настоящее время сельскохозяйственные преобразования, не учитывающие сложных связей в ландшафте, оказывают в большинстве случаев отрицательное воздействие.

Азокраситель – органические красители, в молекулах которых содержится одна или несколько азогрупп —N=N— , связывающих ароматические радикалы.

Активный ил – биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов, которые участвуют в очистке сточных вод. Применяется в биологической очистке сточных вод. Данный метод был изобретён в Великобритании в 1913 году. Биологическая очистка сточных вод осуществляется с целью удаления из них органических веществ, в том числе соединений азота и фосфора.

Аммиачная селитра – химическое соединение NH_4NO_3 , соль азотной кислоты. Впервые получена Глаубером в 1659 году. Используется в качестве компонента взрывчатых веществ и как азотное удобрение.

Атмосферное давление – давление атмосферы на все находящиеся в ней предметы и земную поверхность. Атмосферное давление уравнивает вес вышележащих слоёв воздуха. Измеряется барометром. Атмосферное давление, равное давлению столба ртути высотой 760 мм при температуре 0 °С, называется нормальным атмосферным давлением (101,25 Па).

Атомно-абсорбционная спектрофотометрия – это метод, основанный на явлении селективного поглощения (абсорбции) резонансного излучения определяемого элемента атомным паром исследуемого вещества.

Атомно-эмиссионная спектрометрия – совокупность методов элементного анализа, основанных на изучении спектров испускания свободных атомов и ионов в газовой фазе.

Батометры – гидрологический прибор, пробоотборник для взятия проб воды с различных глубин водоёма, основной прибор для получения проб воды в океанографических экспедициях.

Бентос – совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте дна водоёмов. В океанологии *бентос* – организмы, обитающие на морском дне; в пресноводной гидробиологии – организмы, обитающие на дне континентальных водоёмов и водотоков; зона обитания бентоса называется бенталь. Животные, относящиеся к бентосу, называются зообентосом, а растения – фитобентосом. К бентосу относятся также многие протисты (например большинство фораминифер).

Биоциды – химические вещества, предназначенные для борьбы с вредными (в том числе болезнетворными) организмами. Применяются в медицинской, пищевой, нефтедобывающей, сельскохозяйственной и др. областях. Основой биоцидов служат вещества, способные подавлять жизнедеятельность биологических объектов (спирты, кислоты, соли, органические соединения и т.п.). К биоцидам относят: пестициды (альгициды, фунгициды, гербициды, инсектициды, акарициды, зооциды и пр.) и противомикробные препараты (антисептики, дезинфектанты, антибиотики и пр.).

БПК (биологическое потребление кислорода) – количество кислорода, израсходованное на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде. БПК является одним из важнейших критериев уровня загрязнения водоема органическими веществами, он определяет количество легкоокисляющихся органических загрязняющих веществ в воде.

Взвешенные вещества – органические и неорганические частицы, содержащиеся в воде во взвешенном состоянии.

Водоносный горизонт – осадочная горная порода, представленная одним или несколькими переслаивающимися подземными слоями горных пород с различной степенью водопроницаемости. Слои частично состоят из рыхлых материалов: гравия, доломита, ила, известняка, мергеля или песка. Трещины или пустоты между слоями заполнены подземными водами.

Водородный показатель – мера активности (в очень разбавленных растворах она эквивалентна концентрации) ионов водорода в растворе, количественно выражающая его кислотность. Равен по модулю и противоположен по знаку десятичному логарифму активности водородных ионов, выраженной в молях на один литр.

Гидробиологические показатели воды – это показатели, характеризующие качество воды как среды обитания живых организмов, населяющих водоемы.

Гидрологический режим водоема – совокупность закономерно повторяющихся изменений состояния водного объекта, присущих ему и отличающих его от других водных объектов. Гидрологический режим обусловлен главным образом климатическими особенностями бассейна и проявляется в виде многолетних, сезонных и суточных колебаний уровня и расходов воды (режим водный), ледовых явлений, температуры воды, количества и состава твердого и ионного стока и т.д. Гидрологический режим существенно изменяется под воздействием хозяйственной деятельности человека.

Гидрохимические показатели воды – показатели качества воды, характеризующие ее физические свойства и химический состав воды: температуру, прозрачность, запах, вкус, электрическую проводимость, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), водородный показатель (pH), главные ионы,

биогенные и органические вещества, растворенные газы и загрязняющие вещества.

ГОСТ (Государственный стандарт) – одна из основных категорий стандартов в Российской Федерации.

Гравиметрия – метод количественного анализа в аналитической химии, который основан на измерении массы определяемого компонента, выделенном в виде веществ определённого состава.

Гуминовые кислоты – сложная смесь высокомолекулярных природных органических соединений, образующихся при разложении отмерших растений и их последующей так называемой гумификации (биохимического превращения продуктов разложения органических остатков в гумус при участии микроорганизмов, воды и кислорода).

Гумусовые кислоты – класс высокомолекулярных органических азотсодержащих оксикислот с бензойным ядром, входящих в состав гумуса и образующихся в процессе гумификации.

- Группы гумусовых кислот:
- Гуминовые кислоты (ГК) – группа темноокрашенных гумусовых кислот, растворимых в щелочах и нерастворимых в кислотах.
- Гиматомелановые кислоты (ГМК) – группа гумусовых кислот, растворимых в этаноле.
- Фульвокислоты (ФК) – группа гумусовых кислот, растворимых в воде, щелочах и кислотах.

Детергенты – это вещества, способные снижать поверхностную активность, проявляющие очистительное и противомикробное действие. Последнее заключается в том, что детергенты изменяют проницаемость клеточной стенки микробных клеток и вызывают распад бактериальных клеток.

Диоксины – группа самых ядовитых веществ, которые известны на сегодняшний день. Диоксины растворяются в органических веществах, обладают канцерогенным действием и очень устойчивы.

Дистиллированная вода – очищенная вода, практически не содержащая примесей и посторонних включений. Получают перегонкой в специальных аппаратах — дистилляторах.

Дистилляция – перегонка, испарение жидкости с последующим охлаждением и конденсацией паров.

Донные отложения – донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно водного объекта в результате внутриводоемных физико-химических и биохимических процессов, происходящих с веществами как естественного, так и техногенного происхождения.

Жесткость воды – совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, главным образом кальция и магния

Индикатор – прибор, устройство, информационная система, вещество, объект, отображающий изменения какого-либо параметра контролируемого процесса или состояния объекта в форме, наиболее удобной для непосредственного восприятия человеком визуально, акустически, тактильно или другим легко интерпретируемым способом.

Ионная хроматография – разновидность ионообменной хроматографии, в которой разделяемые ионы определяют в проточном, как правило, кондуктометрическом детекторе. Анализ осуществляется в автоматизированном приборе – ионном хроматографе.

Испарение – процесс фазового перехода вещества из жидкого состояния в парообразное или газообразное, происходящий на поверхности вещества.

Коагулянт – вещество, способное вызывать образование хлопьевидных осадков в коллоидных растворах и суспензиях.

Коллоидные системы – дисперсные системы, промежуточные между истинными растворами и грубодисперсными системами — взвесями, в которых дискретные частицы, капли или пузырьки дисперсной фазы, имеющие размер хотя бы в одном из измерений от 1 до 100 нм, распределены в дисперсионной среде, обычно непрерывной, отличающейся от первой по составу или агрегатному состоянию.

Консервация – действия, направленные на долгосрочное сохранение объектов (напр. пищевых продуктов, древесины, предприятий, исторических памятников и др.).

Константа диссоциации – вид константы равновесия, которая характеризует склонность объекта диссоциировать (разделяться) обратимым образом на частицы, например, когда комплекс распадается на составляющие молекулы, или когда соль диссоциирует в водном растворе на ионы.

Концентрат – вид продукции, в которой содержание полезного компонента выше, чем в исходном сырье.

Лимнологические исследования воды – исследования физических, химических и биологических аспектах озёр и других пресных водоёмов, в том числе и водохранилищ. Лимнология, например, изучает пигментацию воды, биологическое разнообразие представленных видов, изменение химического состава воды.

Макрофиты – растения сравнительно больших размеров (главным образом высшие водные растения), образующие ряд экологических группировок в водоеме: 1) макрофиты с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, водокрас, рдест плавающий, сальвинил, ряска, водяной орех и др.); 2) надводные

макрофиты (тростник, рогоз, аир, ежеголовник и др.); 3) подводные макрофиты (рдесты, элодея, роголистник, уруть и др.). Макрофиты определяют, как правило, газовый режим водоемов за счет фотосинтеза.

Массовая концентрация – это отношение массы растворенного вещества к объему раствора.

Минерализация воды – количество (концентрация) растворенных в воде твердых минеральных веществ, находящихся в виде ионов, а также и коллоидов.

Мутномер – это оборудование, которое используется для определения мутности и концентрации в жидкостях взвешенных твердых частиц. Их используют в разных областях деятельности человека: при очистке воды, на химическом производстве, в пищевой промышленности, водных хозяйствах, экологических исследованиях.

Нефелометрия – метод исследования и анализа вещества по интенсивности светового потока, рассеиваемого взвешенными частицами данного вещества.

Нитрификация – микробиологический процесс окисления аммиака до азотистой кислоты или её самой далее до азотной кислоты, что связано либо с получением энергии (хемосинтез, автотрофная нитрификация), либо с защитой от активных форм кислорода, образующихся при разложении пероксида водорода (гетеротрофная нитрификация).

Общие колиформы – это колиформные организмы (например, *E. coli*), которые являются удобными микробными индикаторами качества питьевой воды. Согласно рекомендациям СанПиН колиформные бактерии не должны обнаруживаться в системах водоснабжения с подготовленной водой. Допускается случайное попадание колиформных организмов в распределительной системе, но не более чем в 5 % проб, отобранных в течение любого 12-месячного периода. Присутствие же колиформных организмов в воде свидетельствует о ее недостаточной очистке, вторичном загрязнении или о наличии в воде избыточного количества питательных веществ.

ОДУ (ориентировочно допустимый уровень) – гигиенический норматив, характеризующий ориентировочное допустимый уровень вещества в воде. Выражается в миллиграммах вещества на кубический дециметр (мг/дм^3) воды.

Опалесценция – резкое усиление рассеяния света чистыми веществами (газами или жидкостями) в критических состояниях, а также растворами при достижении ими критических точек смешения. Объясняется резким возрастанием сжимаемости вещества, в результате чего в нем увеличивается число флуктуаций плотности, на которых рассеивается свет (прозрачное вещество становится мутным).

Относительная влажность – отношение парциального давления паров воды в газе (в первую очередь, в воздухе) к равновесному давлению насыщенных паров при данной температуре.

ПДК (предельно допустимая концентрация) – концентрация химических элементов и их соединений в окружающей среде, которая при повседневном влиянии в течение длительного времени на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений.

Перифитон – микробиоценозы и биоценозы, возникающие при «обрастании» водорослями и многими животными (усоногие ракообразные, двустворчатые моллюски, гидроиды, в частности пресноводная гидра, мшанки, морские желуди, асцидии, многощетинковые черви и пр.) подводных скал, свай, древесных стволов, морских и речных судов. Организмы, входящие в эти ценозы, принадлежат к нескольким жизненным формам.

Планктон – разнородные, в основном мелкие организмы, свободно дрейфующие в толще воды и неспособные — в отличие от nekтона — сопротивляться течению. Такими организмами могут быть бактерии, диатомовые и некоторые другие водоросли (фитопланктон), простейшие, некоторые кишечнополостные, моллюски, ракообразные, яйца и личинки рыб, личинки различных беспозвоночных животных (зоопланктон). Планктон непосредственно или через промежуточные звенья пищевой цепи является пищей для большинства остальных водных животных.

Поверхностно активные вещества – химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела термодинамических фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения.

Радионуклиды – радиоактивные атомы с данным массовым числом и атомным номером, а для изомерных атомов — и с определенным энергетическим состоянием атомного ядра.

Растворимость – способность вещества образовывать с другими веществами однородные системы — растворы, в которых вещество находится в виде отдельных атомов, ионов, молекул или частиц.

Самоочищение водных объектов – уменьшение количества загрязняющего вещества в результате протекающих в водных объектах химических, физических и биологических процессов.

Солнечная радиация – электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца.

Сорбция – поглощение твёрдым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Поглощаемое вещество, находящееся в среде,

называют *сорбатом* (*сорбтивом*), поглощающее твёрдое тело или жидкость – *сорбентом*.

Спектрофотометрия – физико-химический метод исследования растворов и твёрдых веществ, основанный на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой (200—400 нм), видимой (400—760 нм) и инфракрасной (>760 нм) областях спектра.

Стреж – середина и самая глубина, участок с быстрым течением реки.

Суспензия – смесь веществ, где твёрдое вещество распределено в виде мельчайших частиц в жидком веществе во взвешенном (неосевшем) состоянии.

Титрант – реагент с точно известным титром (концентрацией), добавляемый к исследуемому раствору для количественного анализа содержащихся в нем веществ или их элементов (ионов, функциональных групп).

Титриметрия – совокупность методов количественного анализа, основанных на измерении количества реагента, необходимого для взаимодействия с определяемым компонентом в растворе или газовой фазе в соответствии со стехиометрией химических реакций между ними. При проведении эксперимента можно контролировать либо объем, либо массу добавляемого титранта-раствора или газовой смеси с точно известной концентрацией C_T реагента.

Токсичность – способность вещества вызывать нарушения физиологических функций организма, в результате чего возникают симптомы интоксикаций (заболевания), а при тяжелых поражениях – его гибель.

Турбидиметрия – метод анализа мутных сред, основанный на измерении интенсивности поглощённого ими света.

Тяжелые металлы – группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом либо плотностью.

Удельная электропроводность – физическая величина, равная электропроводности цилиндрического проводника единичной длины и единичной площади поперечного сечения.

Фильтрация – процесс разделения неоднородных систем (например, суспензия, аэрозоль) при помощи пористых перегородок, пропускающих дисперсионную среду и задерживающих дисперсную твёрдую фазу.

Фитопланктон – часть планктона, которая может осуществлять процесс фотосинтеза.

Фотометрия – общая для всех разделов прикладной оптики научная дисциплина, на основании которой производятся количественные измерения энергетических характеристик поля излучения.

Фотосинтез – процесс образования органических веществ из углекислого газа и воды на свету при участии фотосинтетических пигментов

(хлорофилл у растений, бактериохлорофилл и бактериородопсин у бактерий). В современной физиологии растений под фотосинтезом чаще понимается фотоавтотрофная функция — совокупность процессов поглощения, превращения и использования энергии квантов света в различных эндэргонических реакциях, в том числе превращения углекислого газа в органические вещества.

Фульвокислоты – группа гумусовых кислот, растворимых в воде, щелочах и кислотах.

ХПК (химическое потребление кислорода) – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей.

Центрифугирование – способ разделения неоднородных, дисперсных жидких систем в поле центробежных сил (центрифугатном поле).

Эвтрофные водоемы – озёра и другие водоёмы с высоким уровнем первичной продукции.

ЭДС (электродвижущая сила) – скалярная физическая величина, характеризующая работу сторонних сил, то есть любых сил неэлектрического происхождения, действующих в квазистационарных цепях постоянного или переменного тока.

Экосистема – биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов (биоценоз), среды их обитания (биотоп), системы связей, осуществляющая обмен веществом и энергией между ними.

Экстракция – процесс разделения смеси жидких или твёрдых веществ с помощью избирательных (селективных) растворителей (экстрагентов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп.).
2. Водный кодекс Российской Федерации от 16 ноября 2006 г. №167-ФЗ.
3. Калюкова, Е.Н. Природные и промышленные воды [Текст]: метод. указания к лабораторным работам / Е.Н. Калюкова. – Ульяновск УГТУ, 2013. – 55 с.
4. Вихрев, В.Ф. Водоподготовка [Текст]: учебник для вузов / В.Ф. Вихрев, М. Шкроб. – М.: Энергия, 1973.
5. Гусева, Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды [Текст]: справ. материалы / Т.В. Гусева [и др.]. – М.: Изд-во «Эколайн», 2000.
6. ГОСТ Р 51592–2000 (2008). Вода. Общие требования к отбору проб (взамен ГОСТ 4979-49).
7. ГОСТ 17.1.1.01–77*. Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
8. ГОСТ 2874–82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.
9. ГОСТ 3351–74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности.
10. ГН 2.1.5.689–98 Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
11. СанПиН 2.1.4.559–96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	5
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	7
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	8
1. Общие правила работы в лаборатории	8
2. Первая помощь при ожогах и порезах.....	9
Лабораторная работа № 1. ОТБОР ПРОБ ИЗ ИССЛЕДУЕМОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА.....	11
Лабораторная работа № 2. ФИЗИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ.....	34
Лабораторная работа № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ВОДЫ	46
Лабораторная работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ	51
Лабораторная работа № 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ	59
Лабораторная работа № 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ В ВОДЕ.....	64
Лабораторная работа № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУЛЬФАТОВ В ВОДЕ.....	71
Лабораторная работа № 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИДОВ В ВОДЕ	77
КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	82
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	90

Учебное издание

Щепетова Вера Анатольевна

**ОЧИСТКА И РЕГУЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

Редактор Н.Ю. Шалимова

Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 26.05.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 5,35. Уч.-изд.л. 5,75. Тираж 80 экз.
Заказ № 196.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.