

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра экологии и природопользования

Е. В. Гривко, А. А. Шайхутдинова, С. В. Шабанова

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование

Оренбург
2016

УДК 502.51(076.5)
ББК 20.18я7
Г82

Рецензент – кандидат биологических наук, доцент О. Н. Немерешина

- Гривко Е. В.**
Г82 Оценка качества поверхностных вод : методические указания / Е. В. Гривко, А. А. Шайхутдинова, С. В. Шабанова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2016. – 54 с.

Методические указания включают в себя комплекс лабораторных работ: «Пробоотбор и подготовка воды к исследованию», «Определение температуры воды», «Определение цветности воды», «Определение прозрачности воды», «Определение запаха воды», «Определение рН воды», «Определение нитрат-ионов в воде», «Определение хлорид-ионов в воде», «Определение фосфат-ионов в воде», «Определение содержания сероводорода в воде», «Определение наличия органических примесей в воде», «Определение содержания ионов свинца в воде», «Определение свободной угольной кислоты в воде», «Определение сульфат-ионов в воде», «Исследование качества воды водоемов методом автографии на фотобумаге».

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Биологические и экспресс методы полевой экологии», «Практикум по экологии» для студентов, обучающихся по программам высшего образования направления подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование».

УДК 502.51(076.5)
ББК 20.18я7

© Гривко Е. В.,
Шайхутдинова А. А.,
Шабанова С. В., 2016
© ОГУ, 2016

Содержание

Введение.....	4
1 Пробоотбор и подготовка воды к исследованию.....	6
2 Органолептические показатели качества воды.....	13
2.1 Определение температуры воды.....	13
2.2 Определение цветности воды.....	16
2.3 Определение прозрачности воды.....	18
2.4 Определение запаха воды.....	22
2.5 Определение рН воды.....	25
3 Химические показатели качества воды.....	28
3.1 Определение нитрат-ионов в воде.....	28
3.2 Определение хлорид-ионов в воде.....	32
3.3 Определение фосфат-ионов в воде.....	35
3.4 Определение содержания сероводорода в воде.....	36
3.5 Определение наличия органических примесей в воде.....	37
3.6 Определение содержания ионов свинца в воде.....	37
3.7 Определение свободной угольной кислоты в воде.....	40
3.8 Определение сульфат-ионов в воде.....	41
3.9 Исследование качества воды водоемов методом автографии на фотобумаге.....	42
Список использованных источников.....	49
Приложение А Сводная таблица по результатам исследования качества водоемов.....	50
Приложение Б Термины и определения.....	51

Введение

Вода – один из важнейших факторов внешней среды. От нее в значительной мере зависят здоровье и санитарные условия жизни населения. Вода участвует в образовании тканей и органов тела и необходима для нормального течения физиологических процессов.

Водный объект – природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима.

Река – природный постоянный (может сезонно пересыхать и со временем менять русло) водный поток (водоток) значительных размеров с естественным течением по руслу (выработанному им естественному углублению) от истока вниз до устья и питающийся за счёт поверхностного и подземного стока с его бассейна.

Водоем – постоянное или временное скопление стоячей или со сниженным стоком воды в естественных или искусственных впадинах (озерах, водохранилищах, прудах и т. д.).

Водоемы образуются при наличии на поверхности замкнутых котловин и превышения притока воды в это углубление над потерями ее на фильтрацию в грунт и испарение.

Водоемы могут быть постоянными и временными, возникающими лишь в многоводные периоды года. К таким водоемам относят старицы и лужи, возникающие весной при разливах крупных рек, а также пересыхающие реки и ручьи. Изучением водных объектов занимается наука гидрология.

По количеству солей, растворенных в воде, водоемы разделяются на соленые и пресные. От этого напрямую зависят физические, химические и биологические процессы в водоемах. В результате интенсивного использования человечеством водных ресурсов происходит количественное и качественное изменение гидросферы. Изменяется водный баланс, режим рек,

состав воды, что связано с загрязнением природных водных объектов сточными водами, а также с внесением загрязняющих веществ с поверхностным и внутрипочвенным стоком и непосредственно из воздуха.

1 Пробоотбор и подготовка воды к исследованию

Цель работы: ознакомиться с принципом работы батометра и овладеть навыками отбора проб воды в открытых водоемах.

Материалы и оборудование: батометр; емкость для проб воды; этикетка; маркер.

Основные положения. Проба должна представлять водоем или определенную часть его и характеризовать состояние воды за определенный промежуток времени. Степень, до которой одиночная малая проба может считаться характерной для большой водной массы, зависит от следующих факторов:

- однородности отбираемой водной массы;
- количества точек пробоотбора;
- размера отдельных проб;
- способа отбора.

Отбор представительных проб должен учитывать специфику водоема (морфология, гидрология, характер водосбора и т. д.).

Реки, ручьи. В тех случаях, когда целью исследования не является поверхностный или придонный слой, пробу отбирают на глубине 20 – 30 см от поверхности и на таком расстоянии от дна, какое допускает аппаратура для отбора пробы. Пробы отбирают или смешанные по глубине, или в ряде точек в поперечном сечении на стрежне потока. Стрежень потока – полоса речного потока с наибольшей скоростью течения и глубиной (обычно в середине реки). Для малых потоков смешанная по глубине проба обычно равнозначна пробе, взятой в центре потока. Большие потоки требуют выбора определенных разрезов и вертикалей на основании гидрологической и гидрохимической рекогносцировки.

Озера, водохранилища, пруды. При детальном исследовании в озерах и водохранилищах пробы отбирают на станциях (разрезы, полуразрезы) по трехмерной сетке как минимум на двух горизонтах; у поверхности (0,2 – 0,5 м) и у дна (0,5 м). На промежуточных горизонтах пробы воды берут в зависимости от существующего в это время распределения слоев воды с различной температурой: одну пробу выше слоя температурного скачка (в поверхностном слое воды с относительно постоянной температурой из-за ветрового перемешивания), одну в слое скачка (слой быстрого снижения температуры с глубиной) и одну ниже. В нижнем слое (гиполимнионе, слое с относительно постоянной или медленно снижающейся температурой) в глубоком озере иногда следует брать несколько проб на разных глубинах. В целях сравнимости результатов химического анализа проб воды целесообразно установить стандартные горизонты, например, 0,5; 2; 5; 10; 20; 30; 50; 100 м, соотносясь при этом с термической стратификацией.

При исследовании озер, прудов, рек для отбора проб воды используют батометры.

Батометр (греч. *bathos* – глубина и *metron* – мера) – гидрологический прибор, пробоотборник для взятия проб воды с различных глубин водоема, основной прибор для получения проб воды в океанографических экспедициях.

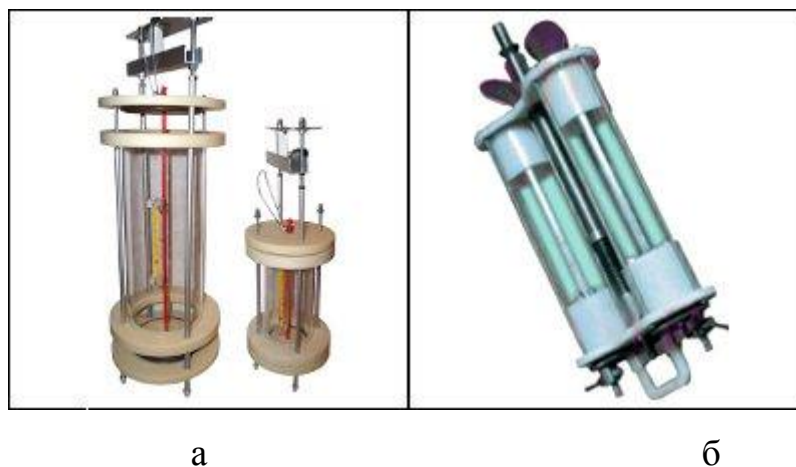
Батометр должен удовлетворять следующим требованиям:

- вода, проходящая сквозь него, не должна в нем задерживаться;
- батометр должен закрываться плотно, чтобы проба воды в нем не имела сообщения с внешней водой;
- материал пробоотборников должен быть химически инертным и исключать возможность загрязнения пробы мешающими определению веществами.

Широко распространенными являются простые и надежные батометры Рутнера и Молчанова.

Батометр Рутнера (см. рисунок 1.1 а) имеет вид открытого с обоих концов цилиндра емкостью от 1 до 3 л и используется для отбора проб с глубины до 20 – 30 м. Батометр опускают в воду в открытом виде и закрывают на требуемой глубине с помощью посыльного груза или сильного встряхивания за трос.

Батометр Молчанова (см. рисунок 1.1 б) состоит из двух одинаковых цилиндров емкостью по 2 л каждый, связанных металлической рамой. В этом приборе крышки открываются, двигаясь по спирали и оставаясь в плоскости, параллельной плоскости торцов цилиндров.



а – батометр Рутнера; б – батометр Молчанова

Рисунок 1.1 – Батометры

Батометры можно классифицировать и по другим признакам. С учетом потребности во времени наполнения батометры могут быть быстрого (мгновенного) или длительного наполнения объема. Батометр быстрого наполнения имеет крышку, которая закрывается на заданной глубине в результате переворачивания батометра, происходящего под воздействием посылаемого по тросу груза. Одновременно установленным на батометре термометром регистрируется и температура воды. Сходное устройство имеет речной батометр Жуковского, но он опускается в водоем в горизонтальном положении.

В батометр длительного наполнения вода поступает со скоростью течения воды в исследуемой точке.

Чаще всего, для сокращения времени работы на глубоководных гидрологических станциях, батометры (сериальные) опускаются сразу на несколько глубин на одном тросе. Независимо от типа батометра, каждый батометр при спуске на глубину в открытом состоянии должен свободно, без задержки создающимися завихрениями, пропускать воду через цилиндр. Спускосное приспособление, закрывающее батометр, должно действовать надежно, обеспечивая получение пробы точно с заданного горизонта. Внутренняя поверхность батометра не должна оказывать химического воздействия на пробу воды. Батометр должен закрываться герметично, все части батометра должны делаться из одного металла, чтобы избежать образования при соприкосновении с морской водой гальванической пары.

Ход работы. В рабочей тетради должны содержаться все первоначальные данные анализа каждой пробы. В ней указываются дата отбора пробы, номер пробы и погодные условия, результаты по каждому анализу. Отбор проб воды в работе производится в три этапа.

1. Определение внешнего вида водоема. Внешний вид определяется визуально и описывается. При этом следует обратить внимание на пятна или пленки горюче-смазочных материалов на поверхности водоема, наличие плавающих примесей (доминирующие виды растительности, общий размер водоема, глубина водоема, состояние водоохраной зоны по остаткам растений, фрагментов слоевищ водорослей, остатков бытового мусора и т. д.) и другие факторы.

Следует оценить:

- проточность водоема;
- наличие прибрежных или водных зарослей высших растений (т.е. имеющих листья и корни – стебли могут быть незаметными);

- зарастание водоема водорослями, появляющимися на поверхности воды в виде «тины»;

- водоросли, прикрепленные ко дну или подводным предметам;

- окраску воды, т. е. наличие «цветения» воды.

При «цветении» вода приобретает либо ярко-зеленый цвет (развитие зеленых водорослей), либо серовато-сине-зеленую окраску (развитие сине-зеленых водорослей). «Цветение» воды возникает обычно, когда в 1 л воды насчитывается несколько миллионов клеток.

2. Непосредственно отбор проб воды. Для обеспечения достоверности результатов физико-химического анализа воды необходимо правильно провести пробоотбор.

В зависимости от цели исследования проба воды для анализа может быть получена несколькими способами:

- путем однократного отбора всего количества воды, нужного для анализа;

- смешением проб, отобранных через определенные промежутки времени в одном месте исследуемого водоема;

- смешением проб, отобранных одновременно в разных местах исследуемого водоема.

При отборе проб воды используют посуду из бесцветного стекла или полиэтилена марок, разрешенных для контакта с питьевой водой. Посуда должна быть тщательно вымыта моющими средствами, многократно ополоснута водопроводной и дистиллированной водой, а непосредственно перед забором воды посуду несколько раз ополаскивают исследуемой водой. Пробки желательно использовать стеклянные или полиэтиленовые; корковые или резиновые пробки обертывают полиэтиленовой пленкой. На практике удобно пользоваться банкой или бутылкой. В местах с затрудненным доступом к воде банку или бутылку можно прикрепить к шесту. Для взятия проб с определенной глубины используются батометры. При отсутствии данного прибора можно сделать самодельный батометр, состоящий из

бутыли (1 л), с прикрепленным к ней тонким прочным шнуром необходимой длины. Бутыль закрывают пробкой со шнуром и помещают в футляр, имеющий груз и петлю. К петле привязывают веревку с отметками, указывающими глубину погружения. На нужной глубине выдергивают пробку из бутылки и после наполнения емкости водой поднимают ее.

Отбор проб воды на проточных водоемах производится в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта), а на непроточных водоемах и водохранилищах – в 1 км в обе стороны от пункта водопользования.

Обычно пробы в створе отбирают в трех точках (у обоих берегов и в фарватере); при ограниченных возможностях или допускается отбор проб в одной – двух точках (в местах наиболее сильного течения). Чаще всего пробы отбирают в 5 – 10 м от берега на глубине 50 см. Объектом особого внимания должны стать загрязненные струи. Если на реке имеется сброс сточных вод от промышленных предприятий, стоки животноводческих ферм и т. д., то отбор воды проводят ниже сброса на 500 м, что позволяет контролировать степень загрязнения воды в реке сточными водами (для сравнения следует взять пробу на 500 м выше сброса сточных вод).

Если предполагается, что в результате сброса сточных вод в придонных слоях накапливаются оседающие вредные вещества, которые могут стать источником вторичного загрязнения воды, отбирают придонные пробы на расстоянии 30 – 50 см от дна.

В водохранилищах, озерах, прудах, где течение воды резко замедленно, качество воды может быть неоднородным на различных участках (здесь возможно возникновение вторичных источников загрязнения), поэтому в этих водоемах обычно берут серию проб по глубине.

3. Маркировка проб. Самый простой и надежный способ маркировки проб – нанесение номера пробы водостойким маркером или шариковой ручкой на кусочек пластыря, приклеенного на емкость с пробами.

Сразу же после взятия пробы необходимо сделать запись об условиях отбора, направлении ветра, указать дату и час отбора пробы.

Проба воды пригодна для анализа в течение 8 – 10 часов после отбора. Результаты отбора пробы заносят в рабочую тетрадь.

Контрольные вопросы:

1. Каким требованиям должен удовлетворять батометр?
2. Опишите принцип работы батометра Рутнера.
3. Опишите принцип работы батометра Молчанова.
4. Дайте классификацию батометров по разным признакам.
5. Каким образом происходит забор проб воды из водоема при помощи батометра?
6. Опишите особенности отбора проб воды в озерах, водохранилищах, прудах.
7. Опишите особенности отбора проб воды в реках и ручьях.

2 Органолептические показатели качества воды

Цель работы: ознакомиться с методикой определения органолептических показателей качества воды в природном водном объекте.

Органолептические наблюдения – это метод определения состояния водного объекта путем непосредственного его осмотра. При органолептических наблюдениях особое внимание обращают на явления, необычные для данного водоема или водотока, которые свидетельствуют о его загрязнении: гибель рыбы и других водных растительных и животных организмов, выделение пузырьков газа из донных отложений, появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, нефтяной пленки и пр.

При органолептическом обследовании водоема определяют и его органолептические свойства.

Органолептические свойства воды – это такие свойства, которые определяются с помощью органов чувств: зрения, вкуса, обоняния.

Для решения многих научных и практических вопросов необходимы данные о химическом составе природных вод и их свойства.

Определенное представление о состоянии природных вод можно получить на основе органолептических исследований. К ним относят: внешний вид, измерение температуры, фиксации наличия (отсутствия) осадка, запаха, цвета, прозрачности, мутности.

2.1 Определение температуры воды

Материалы и оборудование: термометр спиртовой с ценой деления 1°C ; стеклянная емкость.

Основные положения. Температура воды является важнейшей характеристикой воды, поскольку влияет на физические, химические, биохимические и биологические процессы, которые протекают в водоемах. Температура водоемов является результатом нескольких процессов, которые происходят одновременно: излучение солнечной радиации, испарение, теплообмена с атмосферой, перенесение тепла течениями. От температуры в значительной степени зависят также кислородный режим и интенсивность процессов самоочистки. Значения температуры используют для вычисления степени насыщенности воды кислородом, разных форм щелочности, состояния карбонатно-кальциевой системы во время многих гидрохимических и гидробиологических исследований для изучения тепловых загрязнений.

Если в водоем сбрасывается сточная вода, пусть даже чистая, но с повышенной температурой, последствия для водных экосистем не менее губительны, чем при сбросе загрязняющих веществ. Такие загрязнения называют термальными. Термальные загрязнения повышают температуру природных вод. В таких водах быстрее развиваются водоросли и водные растения, образующие большое количество гниющих растений, ускоряется эвтрофикация водоемов. Качество воды ухудшается, исчезают многие виды насекомых. Особенно страдают икринки и мальки рыбы. Исчезновение живых существ в водоемах лишает околородных животных привычного корма.

Измерение температуры воды и температуры воздуха во время отбора пробы является неотделимой частью анализа.

Температура воды измеряется одновременно с отбором пробы ртутным термометром с ценой деления 0,1 – 0,5 °С

Там, где позволяют местные условия, температуру поверхностных вод измеряют погружением термометра в воду (прямой солнечный свет необходимо затенить). Если непосредственное измерение в водоеме выполнить невозможно, то температуру измеряют в бутылки сразу же после

отбора пробы. Температура бутылки емкостью не менее 1 л перед отбором пробы должна быть приведена к температуре воды погружением в исследуемую воду, и при измерении температуры она не должна подвергаться влиянию каких-либо источников тепла или действию прямого солнечного света.

В большинстве случаев температуру отсчитывают после установления на неизменном уровне ртутного столбика термометра, погруженного в исследуемую воду. Только при измерении температуры проб, температура которых значительно отличается от окружающей среды (например, вода из родников, из глубины водохранилища), не выжидают установления столбика ртути на постоянном уровне, а записывают наивысшее показание термометра при измерении пробы, температура которой выше температуры окружающей среды, и самое низкое показание термометра при измерении пробы, температура которой ниже температуры окружающей среды.

Для измерения температуры воды водоема на различных глубинах можно применить также специальные термометры. Способ работы ими зависит от типа применяемого прибора.

Ход работы:

1. Погрузите термометр в воду непосредственно на водоеме не менее чем на одну треть шкалы и выдержите в погруженном состоянии на нужной глубине не менее 5 мин. Не вынимая термометра из воды, произведите отсчет показаний (с точностью до половины цены деления). Мениск ртути термометра должен находиться на уровне глаза.

2. При изучении теплового загрязнения определите температуру воды (t , °C) в нескольких местах водоема, отстоящих друг от друга не менее чем на несколько сот метров. Рассчитайте разницу в значениях температуры (Δt , °C).

3. Полученные данные записывают в рабочую тетрадь.

2.2 Определение цветности воды

Материалы и оборудование: пробирка из бесцветного стекла; вода дистиллированная.

Основные положения. Чистая природная вода в тонких слоях бесцветная, в толстых – имеет голубой оттенок. Другие оттенки воды свидетельствуют о наличии в ней различных растворенных и зависших примесей, соединений железа, гуминовых веществ, цветных отходов антропогенного происхождения, а также о массовом цветении водорослей.

Интенсивность расцветки воды характеризуется ее цветностью. Цвет естественных вод открытых водоемов (кроме периода цветения, когда в зависимости от вида водорослей вода приобретает разные цвета – от желтого до темно-зеленого. Чаще всего цвет обусловлен наличием гуминовых веществ, фульвокислот, их растворенных солей, соединений трехвалентного железа, экстрагированных водой из торфа, гумуса, болотных почв, отмерших растений. Количество этих веществ зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, наличия болот, торфяников в бассейне реки, а также от антропогенных факторов, которые могут предопределять достаточно интенсивную расцветку воды.

Различают «натуральный» цвет, обусловленный только растворенными веществами, и «притворный» цвет, вызванный наличием в воде коллоидных и зависших частиц, соотношение между которыми определяется в значительной мере значением рН.

Сильная расцветка воды ухудшает ее органолептические характеристики и негативно влияет на жизнедеятельность водных растений и организмов в результате резкого снижения концентрации растворенного в воде кислорода, что тратится на окисление соединений железа и гумусовых веществ. Показатель качества воды, который характеризует интенсивность расцветки (цветность) воды, выражают условно в градусах эталонной

(бихромат-кобальтовой или платино-кобальтовой) шкалы цветности. Цветность речных вод колеблется в пределах от 35° до 55°, достигая в отдельных случаях 200° и больше.

Цветность воды можно оценивать качественно, определяя высоту столба жидкости, при котором обнаруживается окраска. Соответствующая высота столба воды не должна превышать: для воды водоемов хозяйственно-питьевого назначения – 20 см; культурно-бытового назначения – 10 см.

Основными методами определения цветности природных вод являются: визуальное сравнение цвета пробы исследуемой воды со стандартными растворами шкалы цветности; фотоколориметрическое сравнение цвета пробы исследуемой воды со стандартными растворами шкалы цветности. Если определить цветность воды тяжело, то оттенок или интенсивность цвета подают в виде описания.

Ход работы:

Визуальный метод.

1. Для качественного определения цветности профильтрованную воду наливают в цилиндр из прозрачного стекла до высоты 10 – 12 см и ставят его на белую бумагу.
2. Определите цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном). Возле него размещают такой же цилиндр с дистиллированной водой. Воду в цилиндрах рассматривают сверху и характеризуют ее как бесцветную, слабо желтоватую, светло-желтоватую, желтую, интенсивно-желтую, коричневатую, красно-коричневатую или другую (укажите какую).
3. Определите цвет в градусах по данным таблицы 2.1.
4. Полученные данные записать в рабочую тетрадь.

Таблица 2.1 – Приближенное определение цвета воды

Окрашивание сбоку	Окрашивание сверху	Цвет в градусах
нет	нет	0
нет	едва заметное, бледно-желтоватое	10
едва уловимое, бледно-желтоватое	очень слабое, желтоватое	20
едва уловимое, бледно-желтоватое	желтоватое	40
едва заметное, бледно-желтоватое	слабо желтоватое	50
очень бледное, желтое	желтое	150
Бледно-зеленоватое	интенсивное желтое	300
Примечание – Хорошая вода имеет цветность 20 – 40 градусов		

Фотоколориметрический метод.

1. Цветность определяют в градусах бихромат-кобальтовой шкалы, используя таблицу «Приближенное определение цвета воды».
2. Полученные данные записывают в рабочую тетрадь.

2.3 Определение прозрачности воды

Материалы и оборудование: прозрачный плоскодонный стеклянный цилиндр диаметром 20 – 25 мм и высотой 30 – 35 см; лист бумаги с четко напечатанными буквами и цифрами; миллиметровая бумага.

Основные положения. Взвешенные вещества (грубодисперсные примеси), имеющиеся в природных водах – это преимущественно неорганические вещества (в виде суспензии частиц глины, песка, ила) и органические (планктон и микроорганизмы). Концентрация взвешенных частиц связана с сезонными факторами, режимом стока, составом пород русла, а также антропогенными факторами. Зависшие частицы влияют на

прозрачность и температуру воды, проникновение света, растворенные компоненты природных вод, адсорбцию токсичных веществ, состав и деление отложений и скорость осадкообразования.

Вода, в которой много взвешенных частиц, непригодна для рекреационного использования. Поэтому во время контроля процессов биологической и физико-химической обработки сточных вод и оценивания состояния естественных вод целесообразно проводить количественное определение взвешенных частиц.

Чтобы оценить качество воды, определяют ее мутность и прозрачность. Мутность воды предопределена наличием в ней тонкодисперсных нерастворенных и коллоидных веществ неорганического и органического происхождения. Примеси коллоидной степени дисперсности образуют с водой кинетически и агрегативно устойчивые системы, которые практически не оседают.

Причиной мутности поверхностных вод является наличие частиц глины, песка, ила, полимеров силикатной кислоты, гидроксидов железа и алюминия, органических коллоидов, микроорганизмов, планктона. Мутность свойственна водам поверхностных водоемов с достаточно высокой скоростью течения. Этот показатель зависит от характера питания водоема, свойств береговых пород, климатических условий. Так, максимально мутными воды становятся во время весеннего наводнения (1000 мг/л и больше), в зимний период мутность поверхностных вод является минимальной. Мутность почвенных вод обусловлена преимущественно наличием нерастворенных минеральных веществ, а если в почву попадают и сточные воды, – также органических веществ.

Мутность воды определяют визуально, а также фотоколориметрическим или нефелометрическим методами.

Визуальный метод заключается в сравнении мути исследуемой воды с эталоном, а фотоколориметрический и нефелометрический методы – в определении соответствующего коэффициента светопрозрачности или

светорассеивания пробы воды, мутность которой и определяют по калибровочному графику. Результаты измерения выражают в миллиграммах на литр, отмечая способ измерения.

Обнаружить в воде нерастворенные и коллоидные примеси можно и за степенью прозрачности воды, то есть величиной, противоположной мутности. Определение прозрачности (светопроницаемости) воды – обязательный компонент наблюдений по состоянию водных объектов, тесно связанный как с цветностью воды, так и с ее мутностью. Ослабление в мутной воде интенсивности света с глубиной приводит к большему поглощению солнечной энергии поверхностью водоема, что уменьшает количество кислорода, перенесенного из воздуха в воду, снижает плотность воды, ускоряет эвтрофикацию. Кроме того, уменьшение потока света, что поступает в воду, снижает эффективность фотосинтеза и биологическую производительность водоемов. Прозрачность воды, характеризует наличие в ней взвешенных и коллоидных примесей.

При качественной визуальной оценке этого показателя воду по степени прозрачности условно разделяют на: прозрачную, опалесцентную, слегка мутную, мутную и сильно мутную.

Определение прозрачности производится в поверхностных водах на месте отбора пробы и при оценке работы водоочистных станций.

Для определения прозрачности применяют два метода: по кресту и по стандартному шрифту. Определение по кресту применяют при контроле работы очистных сооружений водопроводов и качества воды в водопроводной сети; в остальных случаях применяют определитель прозрачности по «шрифту». Пробы для определения прозрачности нельзя консервировать. Определение производят сразу на месте взятия пробы, в крайнем случае, не позднее, чем через сутки. Для одного определения прозрачности по кресту требуется 2 л воды, для одного определения прозрачности по шрифту требуется 0,5 л воды. Прозрачность воды выражают в сантиметрах, отмечая способ измерения.

Ход работы:

Определение прозрачности:

1. Измерительный цилиндр Снеллена – стеклянный цилиндр с плоским дном высотой 30 – 35 см, диаметром 2,6 – 3 см. Цилиндр градуирован в сантиметрах на высоту 30 см от дна. В нижней части цилиндра имеется отводная трубка с надетой на нее каучуковой трубкой с зажимом, через которую выпускают воду из цилиндра для уменьшения высоты ее столба.

2. Исследуемую воду хорошо взбалтывают и наливают в цилиндр с плоским дном, под которым на расстоянии 4 см находится специальный шрифт Снеллена (черный шрифт высотой 3,5 мм и шириной линии 0,35 мм на белом фоне). Добавляя или отливая воду из цилиндра, находят максимальную высоту столба воды, при которой чтение шрифта еще возможно. Прозрачность определяют в хорошо освещенном помещении на расстоянии 1 м от окна. Полученное значение выражают в сантиметрах высоты столба с точностью до 0,5 см.

3. Полученные данные записывают в рабочую тетрадь.

Образец шрифта Снеллена для определения прозрачности воды:

«Настоящий стандарт устанавливает методы определения общих физических свойств хозяйственно-питьевой воды: запаха, вкуса и привкуса, температуры, прозрачности, мутности, взвешенных веществ и цветности

5 4 1 7 8 3 0 9»

Визуальный способ определения мутности:

1. Заполните пробирку водой до высоты 10 – 12 см.

2. Определите мутность воды, рассматривая пробирку сверху на темном фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном).
3. Выберите подходящую характеристику:
 - мутность не заметна (отсутствует);
 - слабо опалесцирующая;
 - опалесцирующая;
 - слабо мутная;
 - мутная;
 - очень мутная.
4. Полученные данные записывают в рабочую тетрадь.

2.4 Определение запаха воды

Материалы и оборудование: термостойкая коническая колба или пробирка; часовое стекло или корковая пробка; горелка (спиртовка, таблетка сухого горючего); крышечка.

Основные положения. Запах вызывают летучие вещества, которые пахнут. Они попадают в воду в результате жизнедеятельности водных организмов, биохимического распада органических соединений, химического взаимодействия веществ, которые содержатся в воде, и также с промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми сточными водами. Из неорганических веществ запах может давать только сероводород.

На запах воды влияют: состав веществ, которые содержатся в ней, температура, рН, степень загрязнения, биологический состав и гидрологические условия.

По характеру запахи делят на две группы.

1. Запахи естественного происхождения (от живущих и отмерших в воде организмов, от влияния почв, берегов и т. п.). Запахи этой группы определяют по классификации, приведенной в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характер и род запаха воды естественного происхождения

Обозначение запаха	Характер запаха	Примерный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Болотный	Илистый, тенистый
Г	Гнилостный	Фекальный, сточных вод
Д	Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
З	Землистый	Прелый, свежепаханной земли, глинистый
П	Плесневелый	Затхлый, застойный
Р	Рыбный	Рыбы, рыбьего жира
С	Сероводородный	Тухлых яиц
Т	Травянистый	Скошенной травы, сена
Н	Неопределенный	Не подходящий под предыдущие определения

2. Запахи искусственного происхождения (от промышленных загрязнений, для питьевой воды – от обработки воды реагентами на водопроводных сооружениях и т. п.). Запахи этой группы называют по соответствующим веществам: хлорфенольный, камфорный, бензиновый, хлорный и т. п.

Интенсивность запаха можно определить при отборе пробы по ощущениям исследователя (см. таблицу 2.3).

Определение запаха зависит от опытности и индивидуальных способностей исследователя. Для исключения субъективной ошибки целесообразно определение запаха производить группе из 3 – 5 человек.

При проведении работы по определению запаха должны соблюдаться следующие условия:

- помещение, в котором производится определение запаха, должно быть чистым и без запаха;
- должно быть обеспечено отсутствие какого-либо запаха от рук, одежды наблюдателя;
- одному и тому же лицу нельзя производить определение, запаха длительное время, так как наступает утомляемость, привыкание.

Таблица 2.3 – Оценка интенсивности запаха

Интенсивность запаха	Характер запаха	Баллы
Нет запаха	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Не ощущается потребителем, но обнаруживается исследователем	1
Слабая	Запах замечается потребителем, если обратить на него внимание	2
Заметная	Легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет отказаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду не пригодной для питья	5

Ход работы:

1. Заполните колбу водой на 2/3 объема и закройте пробкой или часовым стеклом.
2. Взболтайте содержимое колбы вращательным движением руки.
3. Откройте колбу и сразу же определите характер и интенсивность запаха, вдыхая воздух, как показано на рисунке 2.1.

Воздух вдыхайте осторожно, не допуская глубоких вдохов! Если запах сразу не ощущается или возникают затруднения с его обнаружением (запах неотчетливый), испытание можно повторить, нагрев воду в колбе до температуры 60 °С, опустив колбу в горячую воду. Пробку из колбы предварительно выньте. Характер запаха описывают по таблице 2.2.

Интенсивность запаха определите по пятибалльной шкале согласно таблице 2.3.



Рисунок 2.1 – Определение запаха воды

4. Полученные данные записывают в рабочую тетрадь.

2.5 Определение рН воды

Материалы и оборудование: химический стакан или любая стеклянная емкость; универсальная индикаторная бумага.

Основные положения. рН является мерой кислотности или щелочности раствора. Наиболее характерный интервал значений рН для природных вод от 6,0 до 8,0. Величина рН будет больше в тех местностях, где близко к поверхности залегают карбонатные породы, вступающие в реакцию с кислотами и нейтрализующие их.

Реки, питающиеся болотными водами, которые содержат большое количество растительных остатков, главным образом растворенных гуминовых кислот, имеют кислотность до 4,5.

Водные организмы приспособлены к определенной величине рН. Когда значение рН снижается до 4,5 – 5,0, может исчезнуть значительное количество водных организмов, составляющих основу пищевой цепи. Это, в свою очередь, сказывается на птицах, рыбах, пресмыкающихся и млекопитающих, которым воды служат источником питания. При величине рН более 9,0 вода тоже становится непригодной для большинства водных

организмов. Особенно чувствительны к изменению кислотности икра и мальки рыб.

Уменьшение величины рН может также способствовать переходу в воду ионов металлов, содержащихся в донных отложениях, которые в обычных условиях осаждаются на дно с частицами взвеси и погребаются в толще донных отложений.

Ход работы:

1. Сполосните стакан исследуемой водой и налейте в него немного исследуемой воды. Сухими, чистыми руками возьмите одну полоску индикаторной бумаги и погрузите кончик в пробу на 30 секунд. Выньте полоску из пробы и сравните с прилагаемой цветовой шкалой.

2. Полученные данные запишите в рабочую тетрадь.

Результаты исследования органолептических показателей качества природной воды заносят в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Органолептические показатели качества воды _____

Наименование показателя	Результат исследования	
	качественная характеристика	количественная характеристика
Температура		
Цветность		
Прозрачность		
Мутность		
Запах		
рН		

Контрольные вопросы:

1. От каких параметров зависит температура водоемов?
2. Перечислите органолептические показатели природных вод.
3. Какие факторы влияют на запах природных вод?
4. Назовите способы определения прозрачности воды.

5. Каким образом производится отбор проб воды?
6. Назовите правила отбора проб воды для анализа.
7. Каким образом производится определение цветности воды?
8. Каким образом производится определение запаха воды?
9. Какие факторы влияют на цветность природных вод?
10. Какие факторы влияют на мутность природных вод?
11. Какие факторы влияют на прозрачность природных вод?
12. Каким образом производится определение мутности и прозрачности воды?
13. Перечислите характер и род запаха воды естественного происхождения
14. Каким образом определяют рН природных вод?
15. Назовите наиболее характерный интервал значений рН для природных вод.

3 Химические показатели качества воды

Цель работы: ознакомиться с методикой качественного определения содержания химических веществ в природном водном объекте.

Химические показатели характеризуют химический состав воды. К данным показателям относят жесткость и щелочность, минерализацию (сухой остаток), анионный и катионный состав (неорганические вещества), содержание органических веществ.

3.1 Определение нитрат-ионов в воде

Материалы и оборудование:

1. Фарфоровая чашка; дисульфифеноловая кислота; дистиллированная вода; 10 %-ный раствор аммиака; горелка.
2. Часовое стекло; дифениламин; реактив Грисса; химический стакан; горелка; кристаллический хлорид аммония.
3. Пробирка; капельница с концентрированной серной кислотой; кристаллический сульфат железа.

Основные положения. Высокое содержание в водной среде соединений азота, как одного из биогенных элементов, приводит к ухудшению состояния водоема. Избыток соединений азота в воде приводит к эвтрофикации водоема (избыточное обогащение водоема питательными веществами). Эвтрофикация стимулирует рост водных растений. В результате разложения отмирающих растений, развиваются процессы гниения, уменьшается количество растворенного в воде кислорода (цветение воды).

Ухудшаются условия обитания рыб и других водных организмов, так как присутствие даже ничтожного количества нитратов для живых

организмов губительно.

Присутствие нитрат-ионов в природных водах обусловлено следующими основными причинами: процессами нитрификации аммонийных (и отчасти нитритных ионов), протекающими внутри водоема под действием нитратообразующих (нитратофиксирующих) бактерий в аэробных условиях; вымыванием атмосферными осадками оксидов азота, которые образуются при атмосферных электрических разрядах (концентрация нитратов в атмосферных осадках достигает 0,9 – 1,0 мг/л); промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, особенно после биологической очистки, когда концентрация нитратов может достигать до 50 мг/л; стоком с сельскохозяйственных полей и сбросом вод с орошаемых полей, на которых применялись азотные удобрения (содержание азота в поверхностном стоке с полей колеблется от 40 до 5500 мг/л, а с одного гектара орошаемых земель в водные системы может выноситься до 8 – 10 кг соединений азота).

Повышенная концентрация нитратов ухудшает качество воды в водоеме, стимулируя массовое развитие водной растительности (в первую очередь – сине-зеленых водорослей) и является, чаще всего, показателем несвежего загрязнения водоема.

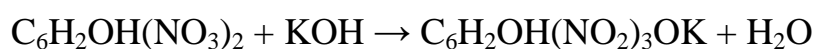
ПДК нитратов в водоемах рыбохозяйственного назначения составляет 40 мг/л (9,1 мг/л по N), в питьевой воде и водоемах – источниках водоснабжения – 45 мг/л по NO_3^- (10,2 мг/л по N).

В поверхностных водах нитраты находятся в растворенной форме. Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период, она увеличивается осенью и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные. Амплитуда сезонных колебаний может служить одним из показателей эвтрофирования водного объекта. Главными процессами, направленными на понижение

концентрации нитратов в водоемах, являются потребление их фитопланктоном и денитрифицирующими бактериями, которые при недостатке кислорода используют кислород нитратов на окисление органических веществ.

Ход работы:

Качественное определение (с дисульфифеноловой кислотой). Метод основан на реакции между нитратами и дисульфифеноловой кислотой с образованием нитропроизводных фенола, которые со щелочами дают соединения, окрашенные в желтый цвет:



50 мл отфильтрованной исследуемой воды выпаривают досуха в фарфоровой чашке, добавляют 5 капель дисульфифеноловой кислоты, перемешивают. Через 10 мин. добавляют 15 мл дистиллированной воды и 5 мл 10 %-ного раствора аммиака. Содержимое переливают в мерную колбу на 100 мл, доводят объем до метки дистиллированной водой. Концентрацию нитрат-ионов определяют по шкале (см. таблицу 3.1).

Таблица 3.1 – Ориентировочное содержание нитратов

Окрашивание раствора при рассмотрении сбоку	Содержание нитратов, мг/л
Едва уловимая	10
Едва заметно желтоватая	20
Очень слабо-желтоватая	60
Слабо-желтоватая	100
Слабожелтая	200
Светло-желтая	500
Желтая	1000
Сильно желтая	2000

Качественное определение нитратов и нитритов. На часовое или предметное стекло поместите 3 капли дифениламина, приготовленного на

концентрированной серной кислоте, и 1 – 2 капли исследуемой воды. В присутствии нитрат- и нитрит-ионов появляется синее окрашивание, интенсивность которого зависит от их концентрации.

Раздельное определение нитратов и нитритов следует начинать с обнаружения нитритов, которые мешают определению нитратов.

Определение нитритов. К 5 мл исследуемой воды прибавить 0,5 мл реактива Грисса и нагреть до 70 – 80 °С на водяной бане (в качестве бани можно использовать химический стакан на электроплитке). Появление розового окрашивания той или иной интенсивности свидетельствует о наличии нитрит-ионов в пробе.

Определение нитратов. Если в воде были обнаружены нитриты, то их предварительно нужно удалить. Для этого в пробирку берут 5 мл анализируемой воды, прибавляют несколько кристалликов хлорида аммония и нагревают над газовой горелкой в течение 10 – 15 минут.

После этого присутствие нитратов можно определить раствором дифениламина, как описано выше, либо следующим способом.

К 3 мл исследуемого раствора прилить 2 мл 20 % раствора щелочи, добавить 10 – 15 мг цинковой пыли, смесь осторожно нагреть (можно на водяной бане). Нитраты восстанавливаются до аммиака, который обнаруживается по покраснению фенолфталеиновой бумаги или по посинению красной лакмусовой, смоченной дистиллированной водой и внесенной в пары исследуемого раствора.

Качественное определение нитрит-ионов с приближенной количественной оценкой. В пробирку диаметром 13 – 14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 1 мл реактива Грисса и нагревают до 70 – 80 °С на водяной бане. Через 10 минут появившуюся окраску сравнивают со шкалой (см. таблицу 3.2).

Таблица 3.2 – Ориентировочное содержание нитритов

Окрашивание при рассмотрении		Нитриты, мг/л	
сбоку	сверху	по азоту	по нитритам
нет	нет	менее 0,001	менее 0,003
нет	чрезвычайно слабое розовое	0,001	0,003
едва заметное розовое	очень слабо- розовое	0,002	0,007
очень слабо- розовое	слабо-розовое	0,004	0,013
слабо-розовое	светло-розовое	0,015	0,050
светло-розовое	розовое	0,030	0,100
розовое	сильно-розовое	0,060	0,200
сильно-розовое	красное	0,150	0,500
красное	ярко-красное	0,300	1,000

Качественное определение нитрат-ионов с применением серной кислоты. Налейте в пробирку немного исследуемой воды. Осторожно добавьте кристаллик сульфата железа и добавьте каплю концентрированной серной кислоты. Если появилось бурое окрашивание (смотрите на фоне белого листа бумаги), значит, в пробе присутствуют нитраты. Запишите результаты в рабочую тетрадь. Отработанную пробу слейте в склянку для слива. Условия проведения реакции: рН не более 3.

3.2 Определение хлорид-ионов в воде

Материалы и оборудование: пипетка-капельница; пробирки; штатив для пробирок; раствор хлорида калия (1 н.); раствор нитрата серебра (10 %); модельный раствор хлорид-ионов; вода минеральная.

Основные положения. По естественному содержанию хлоридов природные воды условно делятся на океанические соленые (с содержанием хлорид-ионов более 5,5 г/л) и пресные. В поверхностных водах количество

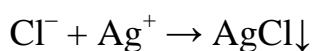
хлоридов зависит от характера пород, слагающих бассейны, и варьирует в значительных пределах – от десятых долей до тысячи мг/л.

В промышленно развитых регионах наибольший вклад в загрязнение гидросферы хлоридами вносят стоки химико-фармацевтического, металлургического и целлюлозно-бумажного производств. Большие количества хлоридов вносятся в водоемы с хозяйственно-бытовыми сточными водами. Значительный вклад вносят поверхностные стоки (удобрения, хлорорганические пестициды, солепесчаные смеси, употребляемые на дорогах для таяния снега). В природных водах хлориды способны образовывать с органическими загрязняющими веществами супертоксичные соединения.

Высокие концентрации хлоридов в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека. Однако при значительных концентрациях хлориды ухудшают вкусовые качества воды, поэтому ПДК для питьевой воды установлена именно по органолептическому показателю, который в данном случае является лимитирующим показателем вредности. Следует отметить, что в питьевой воде, проходящей подготовку на станциях водоочистки, в результате дезинфекции воды хлором хлориды могут образовываться в значительных количествах. Кроме того, серьезную опасность представляют галоидпроизводные различных органических примесей, содержащихся в воде, которая подвергается хлорированию (пестициды, амины, детергенты и т. д.). Чтобы избежать накопления в воде хлорорганических веществ, необходимо освобождать ее от органических примесей до хлорирования.

ПДК хлоридов в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 350 мг/л; в водоемах рыбохозяйственного назначения – 300 мг/л.

Определение хлорид-ионов (Cl^-) в воде основано на их взаимодействии с растворимыми солями серебра с образованием белого творожистого осадка:



В поверхностных водах количество хлоридов зависит от характера пород, слагающих бассейны, и варьирует в значительных пределах – от десятых долей до тысячи миллиграммов на литр. В реках северной части России хлоридов обычно немного, не более 10 мг/л, в южных районах эта величина повышается до десятков и сотен мг/л. Много хлоридов попадает в водоемы со сбросами хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Этот показатель весьма важен при оценке санитарного состояния водоема.

Качественное определение с приближенной количественной оценкой. В пробирку отбирают 5 мл исследуемой воды и добавляют 3 капли 10 % раствора нитрата серебра.

Ход работы:

1. Налейте в пробирку до метки «5 мл» модельный раствор хлорид-ионов.
2. Прибавляйте по каплям 10 % раствор нитрата серебра. Наблюдайте выпадение белого творожистого осадка. Если содержание хлорид-ионов незначительно, то вместо осадка наблюдается лишь помутнение раствора. Приблизительное содержание хлоридов определяют по осадку или помутнению (см. таблицу 3.3).

Таблица 3.3 – Определение содержания хлоридов

Осадок или помутнение	Концентрация хлоридов, мг/л
опалесценция или слабая муть	1 – 10
сильная муть	10 – 50
образуются хлопья, но осаждаются не сразу	50 – 100
Белый объемистый осадок	более 100

3. Исследуйте наличие хлорид-ионов в минеральной воде, водопроводной воде, соблюдая ту же последовательность операций, что и с модельным раствором.

4. Зафиксируйте результаты в тетради.

5. Сделайте вывод о наличии (или отсутствии) хлорид-ионов в воде. Напишите уравнение химической реакции образования осадка.

3.3 Определение фосфат-ионов в воде

Материалы и оборудование: пробирки; капельница с раствором роданида железа.

Основные положения. В последнее время в пробах природной воды все чаще обнаруживаются фосфаты. Виновник – человек. Мы используем стиральные порошки, которые содержат фосфаты, добавляемые для снижения жесткости воды при стирке. А в нашей стране пока нет технологии, позволяющей в требуемой степени очищать стоки от фосфатов. Неочищенные стоки, после очистных сооружений, сливаются в реки, разнося загрязнения. Еще одна причина наличия фосфатов – сельскохозяйственные удобрения. Хранилища удобрений очень часто устраиваются в водоохраных зонах. Много удобрений попадает в водоемы при смывании с полей.

Ход работы:

1. В пробирку налейте исследуемую пробу.
2. Добавьте несколько капель роданида железа. При наличии фосфатов образуется белый осадок фосфата железа, при этом кроваво-красная окраска роданида железа обесцвечивается.
3. Запишите результаты.
4. Содержимое пробирки слейте в слив.

3.4 Определение содержания сероводорода в воде

Материалы и оборудование: пробирка; капельница с раствором йода.

Основные положения. Если вода имеет запах тухлых яиц, то в ней содержится сероводород. Он образуется при разложении растительных и животных материалов.

Сероводород может появиться в воде по двум причинам:

- при естественном процессе скважинной воды;
- в результате жизнедеятельности бактерий.

Ход работы:

1. В пробирку налейте исследуемую пробу.
2. Добавьте несколько капель йода. При наличии сероводорода, буро-желтая окраска йода пропадет, а в воде будет слабая муть (смотреть на белом фоне).
3. Запишите результат.
4. Отработанную пробу слейте в слив.

Качественное определение в воде сероводорода и его солей можно проводить по наличию специфического запаха (пороговая концентрация восприятия запаха находится в пределах 0,1 – 0,3 мг/л) на месте отбора пробы, так как он быстро исчезает за счет окисления сероводорода.

Другой метод качественной оценки основан на реакции сероводорода с ионами свинца с образованием темного сульфида свинца. Определяют сероводород на месте отбора пробы.

Приготовление свинцовой бумаги. Бумагу готовят смачиванием фильтровальной бумаги 5 % слабоподкисленным уксусной кислотой раствором ацетата свинца. После сушки бумагу, разрезанную на узкие полоски, хранят в банке с притертой пробкой.

В бутылку, наполненную на $\frac{3}{4}$ исследуемой водой, помещают полоску свинцовой бумаги, смоченную дистиллированной водой, зажимая ее между пробкой и горлышком. Потемнение бумаги указывает на присутствие свободного сероводорода. При отрицательной реакции воду подкисляют. Потемнение бумаги при подкислении указывает на наличие сульфидов.

3.5 Определение наличия органических примесей в воде

Материалы и оборудование: пробирка; капельница с раствором перманганата калия; горелка; крышка; держалка.

Основные положения. В воде легко растворяются многие органические примеси. Если вода имеет гнилостный запах, значит, в ней есть органические примеси.

Ход работы:

1. В пробирку налейте исследуемую пробу и добавьте 1 каплю перманганата калия (до розового цвета).
2. Нагрейте содержимое до кипения. При наличии органических примесей в воде проявляются бурно-коричневые хлопья оксида марганца, а цвет раствора изменится на желтовато-коричневый.
3. Запишите результаты.
4. Содержимое пробирки слейте в склянку для слива.

3.6 Определение содержания ионов свинца в воде

Материалы и оборудование:

1. Пробирка; капельница с раствором хромата или бихромата калия.

2. 50 %-ный раствор азотной кислоты; фарфоровая чашка; горелка; химический стакан; 0,5 %-ный раствор ацетата натрия; дистиллированная вода; фильтр «красная» лента; пробирка.

3. Фильтровальная бумага; свежеприготовленный 0,2 % раствор родизоната натрия.

Основные положения. Свинец является одним из основных загрязнителей окружающей среды. Он обладает способностью поражать центральную и периферическую нервную систему, костный мозг и кровь, сосуды, генетический аппарат, нарушает синтез белка, вызывает малокровие и параличи. Большая концентрация свинца тормозит биологическую очистку сточных вод.

Свинец и его соединения относятся к основным загрязнителям окружающей среды. Главными источниками загрязнения соединениями свинца окружающей среды являются: предприятия цветной металлургии; теплоэлектростанции (в золе электростанций содержится до 150 мг/кг свинца).

Концентрация этого металла в воздухе и дождевой воде на территории промышленных центров нередко в 2 – 3 раза превышает допустимый уровень. На концентрацию свинца в природной воде сильно влияет ее кислотность: чем она выше, тем больше в воде растворимых соединений свинца. В подземных водах содержание свинца составляет от 0,1 до 20 мкг/л, в воде океанов и морей – в среднем 0,35 мкг/л.

ПДК свинца в питьевой воде и в водоемах хозяйственно-питьевого назначения – 0,03 мг/л; в рыбохозяйственных водоемах – 0,1 мг/л.

Ход работы:

1. В пробирку налейте исследуемую воду.
2. Добавьте 1 – 2 капли раствора хромата или бихромата калия. При наличии свинца образуется желтый осадок.

3. Результаты запишите.
4. Содержимое пробирки слейте в склянку для слива. Условия проведения реакции $pH = 6 - 7$.

Качественное определение (с дихроматом калия). Метод основан на способности катионов свинца в уксуснокислой среде образовывать с дихроматом калия желтый малорастворимый хромат свинца:



0,5 л исследуемой воды, подкисленной 5 мл раствора азотной кислоты (1:2), упаривают примерно до 10 мл, приливают еще 5 мл раствора азотной кислоты (1:2), нагревают на водяной бане в течение 10 мин. Фильтруют и выпаривают в фарфоровой чашке досуха (**осторожно!**). К сухому остатку приливают 2 мл 0,5 %-ного раствора ацетата натрия и доводят общий объем до 10 мл дистиллированной водой. Фильтруют и переливают в пробирку.

Готовят стандартную шкалу (см. таблицу 3.4).

Во все пробирки шкалы и в пробирку с исследуемой водой вносят по 0,1 мл 50 %-ной уксусной кислоты и по 0,5 мл 10 %-ного раствора дихромата калия, встряхивают и через 10 мин. приступают к определению (содержимое пробирок рассматривают сверху на черном фоне).

Таблица 3.4 – Стандартная шкала для определения свинца

Раствор	Номер пробирки				
	1	2	3	4	5
Стандартный раствор, мл	0	0,1	0,3	0,5	0,8
0,5 %-ный раствор ацетата натрия, мл	по 0,2 мл во все пробирки				
Дистиллированная вода, мл	8,0	7,9	7,7	7,5	7,2
Содержание свинца, мг/л	0	0,01	0,03	0,05	0,08

Приготовление стандартного раствора. В мерной колбе на 250 мл растворяют 0,02 г нитрата свинца (в 1 мл раствора содержится 0,05 мг свинца). Раствор следует готовить непосредственно перед употреблением.

Качественное обнаружение ионов свинца с родизонатом натрия. На лист фильтровальной бумаги нанести несколько капель исследуемого

раствора и добавить 1 каплю свежеприготовленного 0,2 % раствора родизоната натрия. В присутствии ионов свинца образуется синее пятно или кольцо. При добавлении 1 капли буферного раствора синий цвет превращается в красный. Реакция очень чувствительна: обнаруживаемый минимум – 0,1 мкг.

3.7 Определение свободной угольной кислоты в воде

Материалы и оборудование:

Основные положения. Среди многих факторов, оказывающих влияние на величину рН в природных пресных водоемах, особое значение принадлежит низшей и высшей растительности, а точнее, интенсивности фотосинтетических процессов. Днем в результате интенсивного фотосинтеза происходит усиленное поглощение растениями CO_2 вплоть до полного исчезновения из воды. Активная реакция воды при этом смещается в щелочную сторону и рН может достигать 10 единиц. Ночью, напротив, водные растения в процессе дыхания потребляют кислород, а выделяют углекислый газ. Величина рН при этом может снизиться до 5,7 единицы, т. е. вода заметно подкисляется. Весьма существенные изменения величины рН (до нескольких единиц) имеют место в цветущих водоемах, т. е. при массовом развитии сине-зеленых водорослей и их последующем отмирании.

Смещение величины рН природных пресных вод в кислую сторону определяется не только избыточным накоплением свободной угольной кислоты. В болотных водах, например, повышенная кислотность обусловлена наличием серной кислоты. Гидролиз железистых и других солей сильных кислот и слабых оснований также ведет к быстрому изменению реакции воды в кислую сторону.

Ход работы. В колбу берут 15 мл пробы, добавляют 5 капель 0,1 %-ного спиртового раствора фенолфталеина, перемешивают. Если появилось розовое окрашивание, то свободного углекислого газа очень мало. Если розовое окрашивание не появилось, то в пробе имеется много свободного углекислого газа. Большое количество оксида углерода (IV) – свободной угольной кислоты – в воде показывает, что данный водоем засорен и в нем преобладают процессы гниения.

3.8 Определение сульфат-ионов в воде

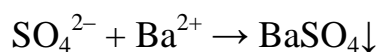
Материалы и оборудование: пробирка; 20 %-ный раствор соляной кислоты (1:5); 5 %-ный раствора хлорида бария.

Основные положения. Сульфаты – распространенные компоненты природных вод. Содержание их в природных водах обусловлено в основном выщелачиванием горных пород, биохимическими процессами, а также вымыванием сульфатов осадками из воздуха. В поверхностных водах сульфаты содержатся от нескольких до десятков (иногда сотен) мг/л; в дождевых водах – от 1 до 10 мг/л. Большие количества сульфатов (чаще всего аммония, натрия, кальция) попадают со сбросами сточных вод металлургических, химических, машиностроительных, текстильных, кожевенных, пищевых, стекольных, целлюлозно-бумажных, мыловаренных производств.

Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека, однако ухудшают вкус воды: ощущение вкуса сульфатов возникает при их концентрации 250 – 400 мг/л. Сульфаты могут вызывать отложение осадков в трубопроводах при смешивании двух вод с разным минеральным составом (например, сульфатных и кальциевых).

ПДК сульфатов в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения – 500 мг/л; в рыбохозяйственных водоемах – 100 мг/л.

Определение сульфат-ионов (SO_4^{2-}) в воде основано на их взаимодействии с растворимыми солями бария в кислотной среде с образованием малорастворимого сульфата бария белого цвета:



Ход работы. В пробирку вносят 5 мл исследуемой воды, 0,3 мл раствора соляной кислоты (1:5) и 3 мл 5 %-ного раствора хлорида бария, перемешивают. По характеру выпавшего осадка определяют ориентировочное содержание сульфатов: отсутствие мути – концентрация сульфат-ионов менее 5 мг/л; слабая муть, появляющаяся через несколько минут, – 5 – 10 мг/л; слабая муть, появляющаяся сразу, – 10 – 100 мг/л; сильная, быстро оседающая муть – более 100 мг/л.

3.9 Исследование качества воды водоемов методом автографии на фотобумаге

Материалы и оборудование: фотобумага; дистиллированная вода; 25 %-ный раствор гипосульфита

Основные положения. Окислительно-восстановительные условия в почвах и илах оказывают заметное влияние на развитие растительного и животного населения этих субстратов.

В окислительной (аэробной) среде, достаточно увлажненной и содержащей свободный кислород, процессы минерализации органических остатков протекают быстро. При этом образуются полностью окисленные соединения, служащие пищей для растений, например, нитраты, фосфаты, анионы многих других микроэлементов.

При малом содержании кислорода в субстрате развиваются восстановительные (анаэробные) процессы. В этих условиях разложение остатков замедляется; в среде накапливаются восстановители, отрицательно влияющие на развитие растений. Однако временное состояние восстановленности в почвах имеет и полезную сторону. Становятся подвижными многие ранее недоступные растениям элементы – железо, марганец, а также ионы многих других микроэлементов. Происходит накопление аммонийных солей в почве, повышается активность многих почвенных ферментов (дегидрогеназ, пероксидаз и др.).

Таким образом, чередование аэро- и анаэробных условий в почве необходимо для нормального существования организмов, использующих почву как среду обитания. Длительный же анаэробизм (как и аэробизм) для них нежелателен.

Разложение органических остатков в почвах и илах происходит в основном благодаря деятельности микроорганизмов, групповой состав которых зависит от уровня окисленности среды. В связи с этим микроорганизмы могут служить биоиндикаторами окислительно-восстановительных условий в указанных субстратах.

В окисленных средах преобладают аэробы, для развития которых необходим кислород. В средах, где кислорода мало и содержатся восстановители (молекулярный водород, сероводород, закисные формы металлов), преимущественно развиваются анаэробы, для которых присутствие кислорода не обязательно или даже вредно.

Анаэробы активны по отношению к среде, потому что продукты их жизнедеятельности содержат восстановители, накопление которых делает среду все более восстановленной. Количественное определение аэробов и анаэробов в субстратах возможно, но методически довольно сложно и выполняется, как правило, в специальных микробиологических лабораториях.

Для оценки уровня окисленности (восстановленности) среды имеются

более доступные методы. В частности, уровень восстановленности почвы, донных отложений и других субстратов можно ориентировочно определять с помощью аппликационного метода – автографии на бумаге.

Метод основан на восстановлении бромистого серебра, находящегося в эмульсии засвеченной фотобумаги, восстановленными веществами изучаемого субстрата. При этом в эмульсионном слое фотобумаги образуется множество частиц металлического серебра в виде черных и бурых пятен. Интенсивность окраски пятен тем больше, чем выше восстановленность среды в местах соприкосновения фотоэмульсии с почвой.

Поскольку восстановительные условия в придонных субстратах создаются во многом благодаря деятельности анаэробов, фотобумага тем самым регистрирует уровень активности этих микроорганизмов в грунте. Аэробы цвета фотобумаги не изменяют, она остается практически белой.

Таким образом, одновременно определяется и уровень восстановленности среды, и уровень активности анаэробных микроорганизмов в исследуемом субстрате.

Восстановленные и окисленные участки на фотобумаге четко различаются по цвету. Более темные пятна свидетельствуют о высокой концентрации восстановленных веществ – продуктов жизнедеятельности анаэробов. Слабоокрашенная поверхность на фотобумаге соответствует тем местам субстрата, где преобладают окислительные условия.

На отпечатках, называемых аппликациями, или автографиями, и получаемых при исследовании почв, распределение окисленных и восстановленных зон носит в основном очаговый характер. Черные, восстановленные участки фотобумаги, как правило, соответствуют скоплениям продуктов жизнедеятельности микроорганизмов вокруг мертвых органических остатков (например, соломы), где условия для развития анаэробов оказались благоприятными. Автографии илов обычно окрашены более равномерно.

Следует отметить, что исследования на искусственных средах с

чистыми культурами анаэробных микроорганизмов показали, что различные их экологические группы создают разный уровень восстановленности среды.

Так, сульфатредуцирующие бактерии, основу выделений которых составляет сероводород, окрашивают фотобумагу в черный или густо-коричневый цвет. Менее густая коричневая окраска пятен наблюдается в культурах клостридий, выделяющих метан, водород, ацетон и др. Еще слабее окраска фотобумаги в культурах плектридий.

Эти факты можно объяснить большой активностью сероводорода как восстановителя благодаря его хорошей растворимости (по сравнению, например, с молекулярным водородом или метаном) в воде.

Разумеется, в природных образцах почвы или ила потемнение фотобумаги есть суммарный результат деятельности всех групп анаэробов, живущих в них.

Аппликационный метод дает хорошие результаты при экологической диагностике почв техногенных территорий и при изучении состояния водоемов по донным отложениям.

Промышленные выбросы в большинстве своем ядовиты для почвенных микроорганизмов. Так, например, выбросы, содержащие соединения азота, угнетающе действуют на процессы аммонификации и нитрификации, способствуют созданию в почвах анаэробных условий, которые можно выявить с помощью фотоаппликаций.

В загрязненных прудах, озерах и реках, потерявших способность к самоочищению, вода обеднена кислородом, а донные отложения представляют собой ядовитый, сильно восстановленный субстрат, непригодный для жизни донных животных (например, червей, личинок комаров, поденок, ручейников). При обследовании водоема аппликационный метод дает возможность выявить наиболее загрязненные его участки и выяснить причины загрязнения.

Ход работы. Перед отбором проб необходимо провести визуальное

изучение объекта исследования (участка реки, пруда и т. п.), определить и отметить на карте-схеме объекта наиболее загрязненные участки (выходы стоков заводов и ферм, отстойники и т. п.), относительно чистые и чистые (прозрачная вода без запаха и пленок и т. п.).

Изучается водная и прибрежная растительность; при необходимости делается их гербарий. Отмечая на карте-схеме участки отбора, надо помнить одно правило: от частоты точек отбора зависят точность исследования и объективность оценки экологического состояния объекта. Из одной намеченной точки отбора рекомендуется брать не менее 2 – 3 образцов на расстоянии 20 – 30 см друг от друга.

Усредненный образец ила помещается в целый плотный полиэтиленовый пакет, в который заливается около 100 мл воды из обследуемого водоема.

Пакет с образцом перевязывается, к нему прикрепляется этикетка (ее можно вложить в верхнюю часть пакета выше завязки), в которой указываются: дата и место отбора пробы, примерная глубина взятия образца, а также фамилия исследователя.

Пробы ила в зависимости от целей и задач исследования отбирают черпаком из поверхностного слоя непосредственно с берега или с лодки.

Образцы ила или почвы, взятые накануне, но не более чем за сутки до начала опыта, помещают в литровые или пол-литровые химические стаканы (или банки). Образцы почвы заливают дистиллированной водой, а илов – водой из исследуемого водоема до их полного насыщения.

Для заполнения водой всех пор субстрата образцам дают выдержку около одного часа. Донные отложения должны быть покрыты примерно сантиметровым слоем воды.

Фотобумагу (глянцевую, тонкую, нормальную) нарезают в виде полос размером 4 × 9 см и после нумерации в соответствии с номерами образцов помещают вертикально во влажные образцы. Для этого торцом металлической линейки или ножом с широким лезвием делают в образце

щель глубиной около 8,5 см и шириной 4 – 5 см, опускают в нее полоску фотобумаги, а затем ножом или линейкой прижимают субстрат к фотобумаге. Не рекомендуется держать фотобумагу на свету более 15 – 20 минут. Этого времени вполне хватит для ее нарезки, маркировки и установки в изучаемый субстрат.

После 72-часовой экспозиции фотобумагу извлекают из субстрата, быстро промывают в обычной, а затем дистиллированной воде, закрепляют в течение 5 минут в 25 %-ном растворе гипосульфита и снова промывают.

Высушивают полоски на фильтровальной бумаге так, чтобы эмульсионный слой был сверху.

Чтобы результаты эксперимента с разными образцами можно было сравнивать, желательно пользоваться фотобумагой из одной и той же партии и закладывать ее в образцы на одно и то же время. Если образцы почвы или донных отложений взяты без нарушения их структуры, фотобумага покажет кроме уровня восстановленности (густота окраски) еще и распределения восстановленных зон в образце.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите причины присутствия нитрат-ионов в природных водах.
2. Опишите методики качественного определения нитрат-ионов в природных водах.
3. Назовите основные источники загрязнения гидросферы хлоридами.
4. Опишите методики качественного определения хлорид-ионов в природных водах.
5. Перечислите основными источники фосфат-ионов в природных водах.
6. Опишите методики качественного определения фосфат-ионов в природных водах.

7. Опишите методики качественного определения сероводорода в природных водах.
8. Опишите методики качественного определения органических примесей в природных водах.
9. Каким образом свинец влияет на организм человека?
10. Опишите методики качественного определения ионов свинца в природных водах.
11. Какое влияние оказывает свободная угольная кислота на величину рН в природных пресных водоемах?
12. Опишите методики качественного определения свободной угольной кислоты в природных водах.
13. Как изменяются органолептические показатели качества воды в природных водоемах в присутствии сульфат-ионов?
14. Какой метод используется для определения сульфат-ионов в природных водах?
15. Опишите методики качественного определения сульфат-ионов в природных водах.
16. Опишите методику исследования воды природных водоемов методом автографии на фотобумаге.

Список использованных источников

1. Биология с основами экологии : учебник для вузов / под ред. А. С. Лукаткина. – М. : Академия, 2011. – 400 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ. Режим доступа : <http://vodnkod.ru/glava-1/st-1-vk-rf>
3. Гривко, Е. В. Оценка состояния водных экосистем биоиндикационными и физико-химическими методами : методические указания / Е. В. Гривко, О. С. Ишанова. – Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2013. – 42 с.
4. Гривко, Е. В. Оценка степени антропогенной преобразованности природно-техногенных систем : учеб. пособие / Е. В. Гривко, О. С. Ишанова. – Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2013. – 130 с.
5. Евстифеева, Т. А. Биологический мониторинг : учеб. пособие / Т. А. Евстифеева, Л. Г. Фабарисова. – Оренбург : Университет, 2012. – 120 с.
6. Евстифеева, Т. А. Определение основных органолептических показателей качества питьевой воды : методические указания к лабораторной работе / Т. А. Евстифеева, Е. Л. Хвостенко. – Оренбург : ИПК ФГБОУ ОГУ, 2011. – 19 с.
7. Емельянов, А. Г. Основы природопользования : учебник для студентов высш. учеб. заведений / А. Г. Емельянов. – М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 304 с.
8. Экологический мониторинг : учебно-методическое пособие / автор-сост. Т. Я. Ашихмина – Киров : ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.

Приложение А

(обязательное)

Таблица А.1 – Сводная таблица по результатам исследования качества водоемов

Показатель качества воды		№ пробы	Результат	Средний результат
Органо-лептические	Цвет воды			
	Прозрачность воды			
	Запах воды			
	Определение рН воды			
Качественное определение сульфат-, нитрат-, фосфат-ионов	Определение сульфат-ионов			
	Определение нитрат-ионов			
	Определение фосфат-ионов			
Качественное определение сероводорода				
Определение наличия органических примесей				
Качественное определение тяжелых металлов в воде (свинец)				

Приложение Б

(обязательное)

Термины и определения

Биогенные элементы – вещества, являющиеся продуктами метаболизма живых организмов, часто выступают в качестве загрязнителей.

Биоиндикация – оценка качества природной среды по состоянию ее биоты. Биоиндикация основана на наблюдении за составом и численностью видов-индикаторов.

Биотестирование – использование в контролируемых условиях биологических объектов (тест-объектов) для выявления и оценки действия факторов (в том числе и токсических) окружающей среды на организм, его отдельную функцию или систему организмов.

Вода – прозрачная жидкость, не имеющая цвета (в малом объеме) и запаха. Химическая формула: H_2O . В твердом состоянии называется льдом или снегом, а в газообразном – водяным паром.

Гидробиология – наука о жизни и биологических процессах в воде.

Гидробионты – морские и пресноводные организмы, постоянно обитающие в водной среде. К гидробионтам также относятся организмы, живущие в воде часть жизненного цикла, то есть земноводные. Существуют морские и пресноводные гидробионты, а также живущие в естественной или искусственной среде, имеющие промышленное значение и не ставшие таковыми.

Гиполимнион – глубинные воды экосистемы с низкими температурами.

Детрит – мертвые растительные и животные остатки, например, опавшие листья, трупы животных, продукты систем выделения.

Диализ – это восстановление растворимости белка и всех его свойств при уменьшении концентрации соли.

Дистрофное состояние – состояние водных экосистем, которое характеризуется высоким содержанием биогенных элементов, но биогенные элементы находятся в труднодоступном состоянии.

Загрязнение водоемов – ухудшение их экологического значения и биосферных функций в результате антропогенного поступления в них вредных веществ.

Зообентос – совокупность животных, обитающих на дне и в придонных слоях воды, служит хорошим индикатором загрязнения донных отложений и придонного слоя воды.

Качество вод – совокупность свойств и характеристик вод, обеспечивающая удовлетворение обусловленных или предполагаемых потребностей в ней в соответствии с ее назначением.

Качество среды обитания – степень соответствия естественных условий потребностям людей или др. живых организмов.

Конвекция – процесс перемешивания слоев в системе.

Консументы (от лат. *consume* – употреблять) – гетеротрофы, организмы, потребляющие готовые органические вещества, создаваемые автотрофами (продуцентами). Это самые разнообразные организмы (от микроорганизмов до синих китов): простейшие, насекомые, пресмыкающиеся, рыбы, птицы и млекопитающие, включая человека.

Олиготрофное состояние – состояние водных экосистем, которое характеризуется малым содержанием биогенных элементов.

Планктон (греч. *πλαυκτον* – блуждающие) – разнородные, в основном мелкие организмы, свободно дрейфующие в толще воды и не способные, 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).

Природно-технические системы (ПТС) – это сложные образования, которые включают техническую (источник воздействия) и природную

(геоэкосистема, подвергаемая воздействию) составляющие; каждая из них выполняет специфическую функцию.

Природный территориальный комплекс (ПТК) – это территория, обладающая определенным единством природы, обусловленным общим происхождением и историей развития, своеобразием географического положения и действующими в ее пределах современными процессами. Одновременно ПТК – это закономерное сочетание географических компонентов или комплексов низшего ранга, образующих системы разных уровней – от географической оболочки до фации.

Природопользование – использование природной среды для удовлетворения экологических, экономических, культурно-оздоровительных потребностей общества.

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов (физических, химических, биологических, социальных), способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

Трофность воды – характеристика местообитания (почвы, водоема) по его биологической продуктивности, обусловленной содержанием биогенных элементов.

Фитопланктон – совокупность растительных организмов водоема, не способных активно передвигаться, – важнейший компонент водных систем, активно участвует в формировании качества воды и является чутким показателем состояния водных экосистем и водоема в целом.

Эвтрофикация (от греч. *eutrophia* – хорошее питание) – процесс обогащения водных систем биогенными элементами; чрезмерное увеличение содержания биогенных элементов в водоемах, сопровождающееся повышением их продуктивности. Это может быть результатом естественного старения водоема, поступления удобрений или загрязнения сточными (в том числе с полей) водами. Для эвтрофных водоемов характерно наличие богатой

растительности, обильного планктона. Эвтрофикация может приводить к бурному развитию водорослей («цветению» вод), дефициту кислорода и гибели (замору) рыб и других животных.

Эвтрофное состояние – состояние водных экосистем, которое характеризуется высоким содержанием биогенных элементов.

Экологический мониторинг – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Экосистема (от греч. *oikos* – жилище, местопребывание и система) – единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания (атмосфера, почва, водоем и т. п.), в котором живые и косные компоненты связаны между собой обменом вещества и энергии.

Эпилимнион – хорошо перемешиваемые и прогреваемые слои воды.