

НАБЛЮДЕНИЕ РЕК

ПОСОБИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ОБЩЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА



НАБЛЮДЕНИЕ РЕК

**ПОСОБИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ОБЩЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Санкт-Петербург
2022

НАБЛЮДЕНИЕ РЕК: пособие для проведения общественного экологического мониторинга. — СПб. : 2020. — 92 с.

ISBN 978-5-6045482-6-4

В брошюре представлены апробированные методы исследований рек, которые доступны школьникам или гражданским активистам: от самых элементарных визуальных наблюдений до простых физических, химических и биологических методик.

Это методическое пособие позволит читателю:

- увидеть и понять взаимосвязи в речных экосистемах;
- научиться оценивать степень воздействия человека на реки и другие природные водоёмы;
- определять параметры качества воды в реке;
- понять механизмы участия общественности в вопросах управления реками, а также научиться применять их на практике.

ISBN 978-5-6045482-6-4

© ООО «Р-КОПИ»

*Ответственный редактор: О. Сенова. Вёрстка, дизайн: А. Филоsoфова
Иллюстрации: фотографии участников сети «Наблюдение рек» региона Финского залива,
графические рисунки из открытых интернет источников, рисунки А. Катала*

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК	5
2. ЭТАПЫ ДЕЙСТВИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ГРУПП, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ИССЛЕДОВАНИЕМ РЕК	5
3. НАБЛЮДЕНИЕ РЕК: МЕТОДЫ И СРЕДСТВА	6
3.1. Первичное наблюдение	6
3.2. Определение основных гидрологических характеристик исследуемого участка реки	7
3.3. Показатели качества воды	7
4. ВЫБОР МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ	7
4.1. Органолептические показатели качества воды и методы их измерения	8
4.2. Методы биоиндикации для определения качества воды	8
4.3. Химические методы исследования качества воды	10
4.4. Общие и суммарные показатели качества воды и методы их измерения	11
4.5. Биогенные элементы	14
4.6. Мусор в природных водоёмах	16
4.7. Микропластик в водных объектах	17
4.8. Другие характеристики	18
5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ГРУПП ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗА РЕКАМИ	20
5.1. С чего начать?	20
5.2. От местных исследований к общественному мониторингу	21
5.3. Куда обращаться при обнаружении проблемы?	21
5.4. Публикации и распространение результатов исследований	22
6. ПРИОРИТЕТЫ КОАЛИЦИИ ЧИСТАЯ БАЛТИКА ПО МЕРАМ ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ ВОД	23
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1. Общие характеристики реки	25
Приложение 2. Органолептические показатели качества воды	29
Приложение 3. Методы биоиндикации	35
Приложение 4. Химические методы исследования качества воды	51
Приложение 5. Определение общих и суммарных параметров воды	53
Приложение 6. Определение общей жёсткости	61
Приложение 7. Определение биогенных элементов	62
Приложение 8. Мониторинг морского мусора на пляжах	67
Приложение 9. Исследования загрязнения водных объектов микропластиком	78
Приложение 10. Протокол обследования природных пресноводных водоёмов	85
СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	92

ВВЕДЕНИЕ

В бассейн Балтийского моря входит более 250 рек. Большая часть из них впадает непосредственно в Балтийское море. Ежегодно, в среднем, река Нева приносит наибольшее количество воды — 83,5 км³, Висла — 30 км³, Неман — 21 км³, Даугава — около 20 км³. Жизнь рек неразрывно связана с Балтийским морем, многие виды рыб заходят в реки на нерест, судоходство связывает реки и море в единую транспортную сеть, и любые загрязнения, попадающие в реки, заносятся с их водами в Балтику.

Для оздоровления Балтийского моря чрезвычайно важно снизить негативные воздействия на речные экосистемы, поэтому исследование рек, определение характера и источников их загрязнений помогают найти пути улучшения экологической ситуации.

Деятельность по наблюдению рек и устойчивому управлению речными бассейнами (River Watch/Sustainable River Basin Management) проводится во взаимодействии с органами власти, научно-исследовательскими институтами, образовательными учреждениями, экологическими общественными организациями, прессой, студентами, клубами рыбаков, охотников и другими организациями как на местном, так и на национальном уровнях во всех странах региона Балтийского моря. Заинтересованные общественные организации, работающие в этом направлении, содействуют обмену опытом наблюдения и защиты рек в регионе Балтийского моря.

Для Балтийских стран, входящих в Европейский Союз, основным документом, регламентирующим вопросы управления водными ресурсами в Европе, является Водная Рамочная директива (ВРД): «Директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза № 2000/60/ЕС, принятая 23 октября 2000 г.

и устанавливающая основы для деятельности Сообщества в области водной политики». Директива направлена на улучшение состояния водных ресурсов, снижение загрязнения поверхностных и грунтовых вод, содействие устойчивому водопользованию.

Водная Рамочная Директива ЕС, является наиболее важной движущей силой в водном менеджменте Европы. Она предусматривает прямое участие в процессе принятия решений, как организованных заинтересованных сторон, так и неорганизованных групп и широких слоев общественности в процессах управления речными бассейнами (статья 14).

Для стран Балтийского региона, не входящих в Европейский Союз, водная политика и практика определяется национальным законодательством. В отношении общественных групп, работающих в области защиты водных ресурсов, ВРД ЕС является хорошим ориентиром. Данный принцип участия общественности отражен в таких документах международного экологического права, как Декларация Рио (принцип 10, 1992 г.) и Орхусская конвенция (статьи 6–8, 1998 г.).

Исследования экологического состояния рек силами общественных активистов и школьных экологических групп могут послужить основой для общественного участия в устойчивом развитии речных бассейнов. Общественные наблюдения содействуют выявлению источников загрязнения рек, служат сигналом для официального контроля качества воды, который обеспечит достоверные количественные результаты.

В настоящем пособии приведены рекомендации для наблюдений за реками. Подробно изложены методы и инструменты, которые могут помочь инициативным общественным группам получить достоверную информацию о качестве воды для участия в общественном экологическом мониторинге.

1. НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК

Серьёзной проблемой для Балтийского региона, в котором проживают примерно 80 млн. человек, является поступление в водоёмы неочищенных промышленных, хозяйственно-бытовых и ливневых стоков. В частности, избыточное поступление в водоёмы соединений азота и фосфора от сельскохозяйственной деятельности (минеральные удобрения и органические отходы животноводства) и бытовых стоков вызывает эвтрофикацию водоёмов и зарастание

прибрежной зоны. Это неизбежно приводит к снижению качества воды, гибели водных обитателей и как следствие, к сокращению биоразнообразия водоёмов.

Источником химических загрязнений поверхностных вод, помимо неконтролируемых промышленных сбросов, являются несанкционированные свалки в прибрежных зонах водоёмов.



2. ЭТАПЫ ДЕЙСТВИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ГРУПП, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ИССЛЕДОВАНИЯМИ

Снижение антропогенной нагрузки на водные объекты является основой для сохранения природных экосистем и повышения качества воды в реках Балтики. Цель исследований рек — определить «состояние здоровья» реки, установить и по возможности устранить источники загрязнений и принять меры по восстановлению качества воды в реке. На основании действующего законодательства, многие из вышеперечисленных мер могут быть реализованы только государственными органами, природоохранными структурами, другими официальными лицами и организациями. Тем не менее, роль общественности в установлении причин возникающих проблем, является первоочередным и ключевым компонентом.

Действия общественных групп по наблюдению за реками с учётом взаимодействия со всеми заинтересованными сторонами могут быть построены по такой схеме:

- Обсуждение причин необходимости проведения исследований, постановка задач, составление плана-графика проведения исследований и распределение функциональных обязанностей в группе.
- Выбор объекта исследования — участка реки, первичное обследование (см. Протокол в Приложении 10 данного пособия) включающее самые простые наблюдения:
 - пешеходная экспедиция и визуальная оценка участка реки;
 - составление карты-схемы участка реки в масштабе 1:500 или 1:1000;
 - словесное описание реки и её берегов;
 - фотосъёмка наиболее характерных природных и антропогенных объектов прибрежной зоны.
- Определение основных географических и гидрографических характеристик исследуемого участка реки.
- Сбор предварительной информации об «истории» реки, о возможных источниках загрязнения, в том числе с помощью опроса жителей и местной администрации.
- Определение параметров, которые должны быть изучены, выбор методов исследования.
- Детальное исследование качества воды по описанным методикам из данного пособия.
- Анализ полученных результатов, заключения и выводы о состоянии водного объекта.
- Предоставление результатов исследований представителям местной власти,

государственным природоохранным организациям, органам экологического надзора и мониторинга. Обращение к экспертам других организаций для ознакомления со сложившейся ситуацией.

- Диалог с принимающими решения лицами и представителями организаций по необходимым действиям для улучшения ситуации.
- Взаимодействие со СМИ, распространение информации о проблеме и необходимых действиях для её решения по всем доступным информационным каналам.
- Просвещение населения, поддержка действий жителей по снижению неблагоприятной антропогенной нагрузки на реку.
- Контроль и мониторинг решений и действий по устранению выявленных проблем.



3. НАБЛЮДЕНИЕ РЕК: МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

3.1. ПЕРВИЧНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

При первичном обследовании важна общая оценка как самого водоёма, так и его прибрежной территории. Она позволит сделать первые выводы об экологическом состоянии исследуемого участка. Наиболее подходящее время для исследования рек — весна или поздняя осень.

При первичном наблюдении рекомендуется провести следующие работы:

1. На карте-схеме водного объекта отметить ключевые участки, на которых будут производиться исследования.
2. Оценить экологическое состояние ключевых участков по следующим показателям:



- Наличие мусора на водной поверхности (нормальное состояние — отсутствие любого мусора, нарушенное — наличие бытового мусора, деградированное — наличие бытового и строительного мусора).
- Состояние береговой линии (нормальное — отсутствию визуальных признаков нарушения береговой линии, нарушенное — имеются разрушенные участки береговой линии, деградированное — естественная береговая линия уничтожена).
- Состояние травяного покрова (нормальное — отсутствуют видимые нарушения, нарушенное — наличие признаков вытаптывания, выгорания, деградированное — развитие процессов эрозии на данной местности).
- Состояние древесно-кустарниковой растительности (нормальное — отсутствие видимых нарушений, нарушенное — наличие сломанных ветвей, болезней, деградированное — выявление гибели растительности, многочисленные повреждения стволов деревьев).
- На карте-схеме обследуемой территории указать размещение потенциально опасных объектов, возможные пути поступления в реку загрязняющих веществ.

3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИССЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА РЕКИ

После первичного осмотра исследуемого участка целесообразно определить гидрологические характеристики реки. Данные показатели дают достаточно полное представление о характере, форме, размерах, протяженности водных объектов, и зачастую помогают при анализе качества воды и выявления причин его изменения. Например, характер дна и состав донных отложений влияет на минеральный состав и цветность воды, а извилистость реки, также, как и скорость течения, во многом определяют скорость переноса веществ, поступающих в реку извне. Подробнее см. Приложение 1 данного пособия.

3.3. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Состав природной воды зависит от физических условий окружающей среды, биологических и микробиологических процессов,

протекающих в ней, а также от результатов человеческой деятельности в пределах водосборной площади речных систем. Классы качества (или уровни загрязнённости) могут быть основаны на таких факторах, как:

- концентрация загрязняющих веществ;
- характеристики гидробионтов;
- трофность (биологическая продуктивность) и сапробность (загрязненность) водоёмов.

В разных странах могут различаться нормативные документы, определяющие классы качества или показатели уровня загрязнённости воды в реках и других водоёмах. В некоторых странах эти показатели сведены в государственные стандарты и санитарные правила и нормы.

Общественным группам для исследования рекомендуется выбирать те показатели, которые можно определить в полевых условиях или с помощью простых лабораторных измерений. Начинать имеет смысл с самых простых наблюдений и измерений.

4. ВЫБОР МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Для оценки качества воды используют органолептические, химические и биологические методы оценки.

Органолептические методы исследования (исследования с помощью органов чувств) позволяют предварительно обследовать состояние реки и её берегов по внешнему виду, цвету и запаху для выявления тревожных признаков.

Химические методы позволяют определить состояние воды в настоящий момент времени, установить природу возможного загрязнения и его предполагаемые источники. При помощи этих методов можно узнать точные концентрации тех или иных веществ в воде, но они не могут свидетельствовать о том, насколько полученные концентрации опасны для водных организмов и человека. Кроме того, для многих видов исследований требуются реагенты и специальные лабораторные условия. При планировании исследований стоит также учитывать, что физико-химические характеристики водоёма могут различаться в разных точках наблюдения и в разные сезоны года.



Биологические методы оценки характеризуют состояние водной экосистемы по растительному и животному разнообразию водоёма. При помощи этих методов можно оценить общий уровень загрязнённости воды. Индикаторами могут служить различные типы обитателей водоёмов, например, крупные растения (макрофиты), водоросли, беспозвоночные животные и другие гидробионты. Даже в тех случаях, когда источник загрязнения имеет переменную мощность, а загрязняющие вещества непостоянный

химический состав, биоиндикация дает комплексную оценку качества воды с учётом взаимодействия разных загрязняющих веществ.

Планируя исследования, проанализируйте, какими средствами вы располагаете (приборы, реактивы, инструменты), и для каких методов определения они предназначены.

Далее описаны самые простые методы исследований, которые легко проводить в полевых условиях. Более сложные методы с использованием лабораторного оборудования и химических реактивов вы можете найти в приложениях к данному Пособию.

4.1. ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ И МЕТОДЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ. Они могут возникать в воде естественным образом с развитием в водоёме водорослей, плесеней и других водных организмов. Запах можно характеризовать, например, как землистый, гнилостный, болотный, сероводородный. При условии искусственного попадания летучих веществ в водоёмы вместе со сточными водами, запах может быть классифицирован как хлорный, фенольный, аптечный и т. д. Кроме характера запаха также определяют его интенсивность.

Оценку вкуса воды проводят только у питьевой природной воды и только при отсутствии подозрений на её загрязненность. Для природных водоёмов этот показатель не определяется.

Мутность и прозрачность — это две характеристики одного явления. Мутность воды (снижение прозрачности) связана с наличием в воде тонкодисперсных взвесей (песка, глины), неорганических соединений (гидроксида алюминия, карбонатов различных металлов), а также органических примесей или живых существ (фито- и зоопланктона). При определении мутности, за пробиркой с водой помещают тёмный фон, и воду описывают следующим образом: прозрачная, слабо опалесцирующая, опалесцирующая, сильно опалесцирующая, слабо мутная, мутная, очень мутная.

При снижении прозрачности уменьшается прохождение света через толщу воды, что приводит к снижению эффективности фотосинтеза и естественной биологической продуктивности водоёма, изменению условий среды обитания водных животных.

В полевых условиях прозрачность/мутность измеряется с помощью стандартного диска Секки. Это белый металлический диск диаметром около 20 см, привязанный к длинной верёвке, размеченной по длине. Диск погружают в воду до момента его исчезновения из вида. При помощи разметки на верёвке измеряется глубина в сантиметрах, при которой диск перестаёт быть виден.

Цветность воды — условно принятая характеристика для описания цвета природной и питьевой воды. Цветность воды — это косвенный показатель количества содержащихся в воде растворённых органических веществ. Этот показатель определяется свойствами и структурой дна водоёма, характером водной растительности, рельефом и типом почв, формирующих берега, наличием в водосборном бассейне болот и торфяников, и другими факторами. Цветность определяют визуально или фотометрически, сравнивая окраску пробы воды с окраской условной 1000 градусной шкалы цветности воды. Можно определять цветность качественно, характеризуя цвет воды в пробирке высотой 10–12 см на белом фоне (например, бесцветная, слабо-желтая, желтая, буроватая и т. д.). Подробнее см. Приложение 2 данного пособия.



4.2. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Биоиндикация — это метод оценки качества состояния среды по наличию или отсутствию в ней тех или иных организмов, называемых индикаторами. Данные о качестве воды, полученные при помощи биологических методов, можно соотнести с официально принятыми показателями, такими, как классы качества воды и уровни сапробности. Это позволяет сравнивать данные, которые получают при помощи приборных и биологических методов.

Методы биоиндикации дают возможность сделать вывод о том, хорошо или плохо живется в водоёме его обитателям. При снижении качества воды уменьшается видовое разнообразие, а обилие отдельных видов может либо увеличиваться, либо уменьшаться — в зависимости от их чувствительности к качеству воды.

Распространённый и доступный способ оценки качества воды заключается в анализе водных и прибрежных растений относительно больших размеров — макрофитов. Такие исследования целесообразно проводить при первичном наблюдении реки, определяя виды растений по определителю, приблизительно оценивая процент зарастания поверхности водоёма и биомассу растений-индикаторов.

Например, массовое развитие видов семейства Рясковых (Lemnaceae) может свидетельствовать о неблагоприятном состоянии в экосистеме стоячих водоёмов, речных заводей. В местах интенсивного поступления промышленных стоков происходит гибель растительных сообществ. Чрезмерное развитие водной растительности может быть признаком избыточного содержания биогенов, и, кроме того, становится причиной вторичного загрязнения. Разложение отмерших растительных остатков требует значительного количества растворенного в воде кислорода, и может вызывать замор рыб. В Протоколе, в Приложении 10 данного пособия, приведены некоторые виды растений индикаторов.

Несложным и довольно информативным методом является альгоиндикация — исследование качества воды по состоянию водорослей. Водоросли быстрее других водных организмов реагируют на загрязнения. Наличие или отсутствие водорослей на мелководье у берега реки уже заметно при первичном обследовании. Для оценки используются гидробионты трех экологических групп: фитопланктон, фитобентос и перифитон. Оценивается как общее видовое разнообразие, так и обилие отдельных видов. Популярным является метод, основанный на учёте относительного обилия видов-индикаторов сапробности. Другой распространённый способ оценки качества воды в текущих водах основан на изучении донных беспозвоночных — макрозообентоса. Преимущество этого способа состоит в том, что большинство донных беспозво-

ночных сравнительно крупны, видны невооруженным взглядом и малоподвижны, что позволяет легко собирать их при помощи сачка. Из-за малоподвижного образа жизни, эти организмы не могут избежать влияния попавших в воду загрязняющих веществ. Это позволяет говорить о том, что состояние бентосных организмов отражает качество воды в исследуемой речке. Кроме того, многие виды животных, обитающих на дне, проводят в воде большую часть своего жизненного цикла. Например, личинка подёнки может жить в водоёме 3–4 года, и встречаемость и обилие организмов этого вида зависят от изменений, происходивших в водоёме за весь этот период.

Таким образом, для биоиндикации необходимо выбрать надёжный, проверенный метод, подходящий для данного типа водного объекта и поставленных задач.

Для общественного водного мониторинга чаще всего используют наиболее универсальные методы Майера и Вудивисса. Эти методы дают общую картину, но являются менее точными.

Биотический индекс Вудивисса учитывает исчезновение групп индикаторных организмов по мере увеличения загрязнения. Данный метод не подходит для озёр и прудов (стоячих водоёмов), а пригоден в прибрежной зоне рек, где фауна более разнообразна. Индекс Майера подходит для любых типов водоёмов и основан на определении видов и встречаемости организмов-индикаторов, чувствительных к различным условиям водной среды (от чистых вод до загрязнённых).



Кроме того, в методах Майера и Вудивисса возможны ошибки при определении видов гидробионтов по определителю. Если в исследуемом водоёме имеются признаки «нездоровья», то для более точного определения количественных характеристик загрязнённости воды стоит обратиться к гидрохимическим методам исследования воды.

Также важно помнить, что при использовании любого метода необходимо четко придерживаться методик отбора и обработки проб, а также обеспечения достаточного объёма данных для статистической достоверности полученных результатов.

Отбор и анализ проб

Для работы на небольшой глубине можно применять плотный сачок диаметром 25–30 см, сито или любую круглую ёмкость (металлическую или пластиковую) с диаметром дна не менее 10–12 см и отверстиями в дне для прохода воды. Такую банку, слегка покручивая, нужно «завинтить» в дно, а потом перевернуть и вынуть вместе с грунтом. Из содержимого банки следует отобрать живые организмы в кювету или банку, наполненную водой, а затем, пользуясь определителем, распознать виды гидробионтов. Отбор проб с последующим определением видов гидробионтов повторяют несколько раз в каждой точке, после чего подсчитывают индекс по существующим формулам (см. Приложение 3 данного пособия).

В «Протоколе исследования пресноводных водоёмов» в Приложении 10 этой брошюры приведены некоторые виды-индикаторы беспозвоночных.

4.3. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Большинство полевых методов определения показателей качества воды являются химическими, поскольку позволяют определить содержание химических компонентов в составе воды и основаны на химико-аналитических реакциях. Чаще всего используются два химических метода — колориметрический и титриметрический.



Колориметрический (от английского colour — цвет) метод основан на том, что определяемый компонент при помощи химико-аналитической реакции (путём добавления реагента) переводится в окрашенное соединение, после чего измеряется интенсивность окраски полученного раствора. Это делается или путем сравнения с образцом

(визуально-колориметрический метод — например, с помощью тест-полоски или определения цвета раствора на фоне белой бумаги), или с помощью прибора фотоколориметра (фотоколориметрический метод). Цвет раствора соответствует определённой концентрации исследуемого компонента.

Титриметрический метод основан на том, что стандартный раствор (титрант, концентрация вещества в котором заранее известна) помещают в измерительный сосуд и осторожно, малыми порциями, дозируют его, приливая к исследуемому раствору до тех пор, пока не будет установлено окончание реакции (отмечаемое, изменением цвета). Эта операция называется титрованием. По количеству добавленного титранта определяется концентрация вещества в исследуемом растворе. Для общественных экологических исследований наиболее приемлемым методом является визуальный колориметрический метод с помощью тест-полоски. Если группой наблюдения рек руководит химик, стоит использовать титриметрический метод, который даёт более точный результат.

Отбор проб. От правильного отбора проб во многом зависит точность получаемых результатов. При полевых анализах обычно используют чистую пластиковую или стеклянную бутылку, наполняя её водой под самое горлышко и закупоривая герметичной крышкой. Это особенно важно, если проба должна выдерживаться несколько дней.



Для определения места сброса сточных вод и их влияния на экосистему водоёма, а также их влияния на воды притоков, пробы отбирают выше по течению и в точке, где произошло полное смешение вод. Загрязнения могут быть неравномерно распространены по потоку реки, поэтому обычно пробы отбирают в местах максимально бурного течения, где потоки хорошо перемешиваются. Пробоотборник (бутылку) помещают

горлышком вниз по течению потока, располагая на нужной глубине.

Надо учитывать, что качество воды в водоёмах (как озерах, так и реках) носит циклический характер, причем наблюдается суточная

и сезонная цикличность. Поэтому интересно проанализировать состояние воды в одних и тех же точках в разные сезоны и режимы.

По этой причине периодические пробы (ежедневные или еженедельные) следует отбирать в одно и то же время суток, а продолжительность сезонных исследований должна быть не менее 1 года и включать анализ серий проб, отобранных в течение каждого времени года. Это особенно важно для определения качества воды в реках, имеющих резко отличающиеся режимы — межень и паводок.

При отборе проб воды желательнее также фиксировать температуру воздуха, температуру воды в точке отбора пробы и атмосферное давление.

Долговременный мониторинг основан на измерениях, повторяющихся в течение нескольких лет, проводимых в одни и те же временные промежутки по одним и тем же методикам в одних и тех же точках. Чем дольше период и больше объём набранных материалов, тем достовернее картина изменений, происходящих с рекой, и больше оснований делать выводы о причинах этих изменений и возможных последствиях.

Например, повторяющиеся исследования реки в течение 4-х и более лет, включая определение химических параметров воды и состояния гидробионтов в 3–5 характерных точках в одни и те же недели весной, летом и осенью, уже дают довольно информативную картину изменений состояния реки.

4.4. ОБЩИЕ И СУММАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ И МЕТОДЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Температура

Колебания температуры оказывают разное влияние на растения и водных животных. Одним животным подходит тёплая вода, другие могут существовать только в холодной. От температуры воды зависит развитие фито- и зоопланктона. Например, бактерии гниения могут развиваться только при температуре выше 10 градусов. Температура влияет и на метаболизм водных организмов и на сопро-

тивляемость токсическим веществам, болезням, паразитам. Кроме этого от температурного режима зависят и различные химические параметры воды. Так при повышении температуры понижается растворимость газов, в том числе и кислорода.

Относительное резкое повышение температуры воды водоёма может свидетельствовать о тепловом загрязнении или об изменении климата.

Для целей обнаружения теплового загрязнения воды следует измерять температуру в нескольких точках водоёма, отстоящих друг от друга на несколько сот метров: в месте, где ожидается тепловое загрязнение и в контрольной точке (температурный фон). Необходимо учитывать, что в выбранных точках должны быть сходные физические и гидрологические условия: скорость течения, глубина, продуваемость, освещённость солнцем и так далее. В реке точка контроля должна быть выше по течению, чем возможный источник теплового загрязнения. Важно учитывать тот факт, что на отмелях, в зарослях водных растений и тому подобных местах возможного естественного прогрева воды, температура обычно значительно превосходит общий температурный фон.

Водородный показатель кислотности природных вод рН

В реках в нормальных условиях показатель рН обычно колеблется от 6,5 до 8,5. Значение рН за пределами этого диапазона неблагоприятно для гидробионтов. Величина рН зависит от многих факторов, в том числе и от деятельности растений. Растения днем усваивают двуокись углерода из воды и снижают её кислотность, рН возрастает, ночью происходит обратный процесс.

Природная кислотность воды (рН ниже 6,5) характерна для болотных вод за счёт повышенного содержания гуминовых и других природных кислот. Повышенная кислотность может быть обусловлена кислотными осадками и техногенными стоками, попаданием в водоёмы не прошедших нейтрализацию сточных вод промышленных предприятий. Кислотность ниже 5 губительна для большинства живых организмов.



Значение pH выше 8,5 говорит о щёлочности воды, обусловленной как природными факторами (например, повышенным содержанием гидрокарбонатов и карбонатов), так и загрязнением промышленными или бытовыми стоками.

Самый простой способ измерения pH осуществляется с помощью тест-полоски, меняющей цвет в зависимости от уровня кислотности воды. Смоченную водой тест-полоску сравнивают с цветовой шкалой и по совпадению цвета приблизительно определяют значение pH. Более точно определить pH можно с помощью переносного прибора pH-метра* или с помощью химических реактивов и визуального колориметрирования (подробнее см. в Приложении 5).

Растворённый кислород

Кислород необходим для дыхания гидробионтов. Снижение его концентрации говорит об изменении биологических процессов в водоёме, о его загрязнении интенсивно окисляющимися органическими веществами. Нехватка кислорода влияет на разнообразие рыб, водных животных и на химиче-



* pH-метр — прибор для измерения водородного показателя pH, характеризующего активность ионов водорода в растворах, воде, пищевой продукции и сырье, объектах окружающей среды и производственных системах непрерывного контроля технологических процессов, в том числе в агрессивных средах (<http://www.christmas-plus.ru/labware/electrochemical/phmeters>).

ские процессы, происходящие в воде. Для большинства рыб, например, критический предел кислорода в воде 3–4 мг/л.

Биохимическое потребление кислорода (БПК)

Важной характеристикой природных вод является такой показатель, как биологическое потребление кислорода (БПК), то есть количество кислорода, необходимое для окисления органических веществ, находящихся в воде. БПК говорит о способности воды к самоочищению и косвенно показывает количество органического вещества в воде. Природными источниками органических веществ в воде являются: останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоём с листьями, по воздуху, с берегов и т. п. Кроме природных, существуют также и техногенные источники органических веществ к которым относят: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т. д. Органические загрязнения попадают в водоёмы со сточными водами и дождевыми поверхностными смывами с почвы. В водоёмах, где слишком большое содержание органических веществ, большая часть растворённого кислорода расходуется на биохимическое окисление, лишая таким образом кислорода другие организмы. При этом первыми исчезают кислородолюбивые виды организмов.

В поверхностных водах в зависимости от типа водоёма, величина БПК₅ (БПК за 5 суток) колеблется от 5–5,0 мг/л и подвержена сезонным и суточным изменениям. Превышение показателя БПК может быть следствием антропогенного загрязнения природных вод.



Концентрацию растворённого кислорода можно определить с помощью переносного прибора оксиметра*, а также методом йодометрического титрования — методом Винклера (подробнее см. в Приложении 4).

Химическое потребление кислорода (ХПК)

ХПК характеризует суммарное содержание в воде органических веществ по количеству израсходованного на окисление химически связанного кислорода. Этот показатель в том или ином варианте используется при контроле качества природных вод, исследовании сточных вод. Результаты определения окисляемости выражаются в миллиграммах потребленного кислорода на 1 л воды (мгО/л). Это довольно сложная и трудоёмкая методика, поэтому в полевых условиях общественные наблюдатели рек применяют её крайне редко.

Минеральный состав

Минеральный состав воды свидетельствует о концентрации растворённых в воде различных минеральных веществ. Содержащиеся в воде минеральные соли вносят разный вклад в общее солесодержание, которое является суммой концентраций каждой из солей. Пресной считается вода, имеющая общее солесодержание, или минерализацию, не более 1 г/л. Среди пресных вод, в зависимости от величины солесодержания в мг/л, выделяют воды ультрапресные (менее 100 мг/л), мало-минерализованные (100–200 мг/л), средне-минерализованные (200–500 мг/л) и повышенной минерализации (500–1000 мг/л). При величине солесодержания от 1 до 25 г/л воду считают солоноватой. Среди минеральных солей, обычно встречающихся в природных водах, можно выделить катионы: Кальций (Ca^{2+}), Натрий (Na^+), Магний (Mg^{2+}), а также анионы: Гидрокарбонат (HCO_3^-), Сульфат (SO_4^{2-}), Хлорид (Cl^-), Карбонат (CO_3^{2-}).

Минерализация воды имеет важнейшее значение при характеристике химического состава воды. Анализы воды на содержание минеральных компонентов проводят в различ-

ные периоды года: для поверхностных вод — в зимнюю межень (период самого низкого зимнего уровня воды), весеннее половодье (пик), летне-осеннюю межень, летне-осенний паводок; для вод заболоченных участков — в зимнюю межень и весеннее половодье, для почвенных вод — в зимнюю межень, весеннее половодье и летне-осеннюю межень.

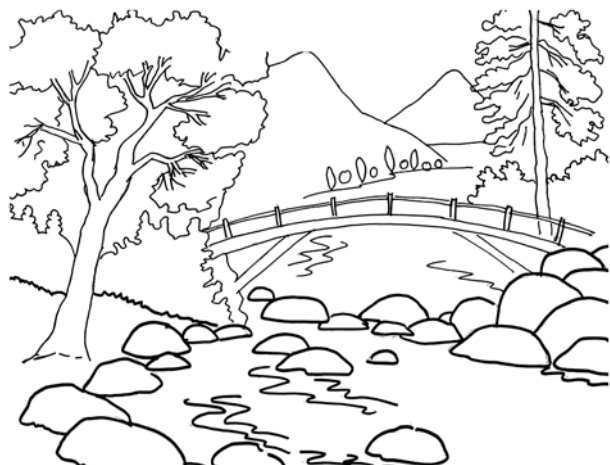
Концентрации растворённых в воде минеральных солей (общую минерализацию) определяют кондуктометром** или химическими методами — титриметрическим, колориметрическим. Концентрации некоторых компонентов (например, катионов натрия, калия) в воде можно оценить расчётными методами, имея данные о значениях концентраций других катионов и анионов. Определив минерализацию кондуктометром, можно сделать вывод о природном составе воды. Повышенное содержание некоторых солей (сульфатов, хлоридов, нитратов, фосфатов) может также говорить и об антропогенных источниках их поступления в водоёмы. Например, большое влияние на минеральный состав воды оказывает соль, используемая для борьбы с обледенением дорог, которая затем вместе со стоками может поступать в водоёмы. В речных водах содержание кальция редко превышает 1 г/л, калия — 18 мг/л, концентрация натрия в речных водах колеблется от 0,6 до 300 мг/л в зависимости от физико-географических условий и геологических особенностей водных объектов, концентрация магния колеблется от нескольких единиц до десятков миллиграммов в 1 литре. При наличии растворимых и малорастворимых солей-минералов, главным образом — ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Из всех солей, относящихся к солям жёсткости, выделяют гидрокарбонаты, сульфаты и хлориды.

Общая жёсткость, кальций и магний

Жёсткость воды в основном обусловлена наличием растворимых и малорастворимых солей-минералов, главным образом ионов

* Оксиметр — прибор для измерения концентрации растворенного кислорода в жидкости (<http://www.christmas-plus.ru/labware/electrochemical/analyzers>).

** Кондуктомер — это высокоточный измерительный прибор, который предназначается для определения электропроводности различных электролитов. Электролитами могут служить: водные и неводные растворы, расплавы, коллоидные системы и даже твёрдые вещества (<http://www.christmas-plus.ru/labware/electrochemical/conductivity>).



Кальция (Ca^{2+}) и Магния (Mg^{2+}) Содержание других растворимых солей кальция и магния в природных водах обычно очень мало. Жёсткость, придаваемая воде гидрокарбонатами, называется гидрокарбонатной, или устранимой (временной), т. к. гидрокарбонаты при температуре более 60°C разлагаются с образованием малорастворимых карбонатов. Жёсткость, обусловленная хлоридами CaCl_2 или сульфатами, называется неустраняемой (постоянной), т. к. эти соли устойчивы при нагревании и кипячении воды. Суммарная жёсткость воды (общее содержание растворимых солей кальция и магния), получила название общей жёсткости.

Общую жёсткость можно определить с помощью тест комплекта «ОЖ-1»*. При этом подсчитывают количество раствора титранта на определенный объём исследуемой воды до тех пор, пока не изменится цвет. Есть более сложные химические методы, но для общественных полевых наблюдений они обычно не применяются.

Значение жёсткости воды может варьировать в широких пределах в зависимости от типа пород и почв, слагающих бассейн водосбора, а также от сезона года, погодных условий. Жёсткость увеличивается из-за испарения воды, уменьшается в сезон дождей, в период таяния снега. Вода разных природных источников имеет весьма различную жёсткость. Речная вода, за некоторыми исключениями, обладает относительно неболь-

шой жёсткостью (1–6 мг-экв/л). Вместе с тем вода рек, прорезающих толщу известковых и гипсовых пород, часто отличается весьма большой жёсткостью.

Воду с общей жёсткостью до 3,5 ммоль/л называют мягкой, от 3,5 до 7 ммоль/л — средней жёсткости, от 7 до 10 ммоль/л — жёсткой, свыше 10 ммоль/л — очень жёсткой.

При анализе результатов определения жёсткости, следует обратить внимание на то, что кальциевая жёсткость обусловлена растворением известняка и мела, входящих в состав дна и берегов водотока. В районах, где больше доломита, чем известняка, может преобладать магниевая жёсткость (подробнее о методах определения минерализации см. в Приложении б).

4.5. БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

К биогенным элементам (биогенам) в контексте контроля качества воды и экологической оценки водоёмов относят соединения, которые, во-первых, являются продуктами жизнедеятельности различных организмов и, во-вторых, являются «строительным материалом» для живых организмов. В первую очередь это соединения азота (нитраты, нитриты, органические и неорганические аммонийные соединения), а также фосфора (ортофосфаты, полифосфаты, органические эфиры фосфорной кислоты и др.).

Соединения азота в водоёмах, обусловленные внешними источниками, преобразуются из одной формы в другую. Например, в течение первых часов после попадания навоза в воду обнаруживается повышенное содержание катионов аммония, потом катионы аммония переходят в нитриты, и затем почти сразу — в нитраты. Таким образом, нитраты — это накопительная характеристика и её определение наиболее просто для общественных исследователей.

Нитраты являются солями азотной кислоты. Повышенное содержание нитратов в воде может служить индикатором загрязнения водоёма в результате распространения фекальных либо химических загрязнений (бытовых, сельскохозяйственных, промышленных). Многие минеральные удобрения содержат нитраты, которые при избыточном или не-

* Тест-комплект «ОЖ-1» предназначен для количественного экспрессного определения общей жёсткости (суммы молярных концентраций эквивалентов ионов кальция и магния) в воде в полевых, лабораторных и производственных условиях (<http://www.christmas-plus.ru/portki/portkitswater/tk02/tkoj1>).

рациональном внесении в почву приводят к загрязнению водоёмов. Источниками загрязнения вод нитратами являются также поверхностные стоки с пастбищ, скотных дворов, молочных ферм и т. п. Нитраты ускоряют эвтрофикацию водоёмов, стимулируют массовое развитие водной растительности (в первую очередь — сине-зелёных водорослей).

Метод определения нитратов — визуальнo-колориметрический. Можно использовать как готовые тест-полоски, так и реактивы. Содержание нитратов в воде не должно превышать 45 миллиграммов на литр. Подробнее см. Приложение 7.

Нитраты в колодцах

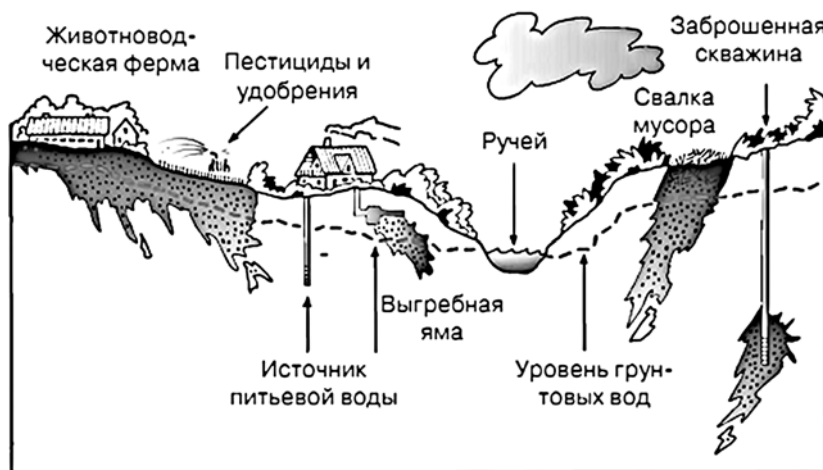
Загрязнение поверхностных вод может привести к ухудшению качества воды не только в природных водоёмах, но также и в питьевых колодцах. Зачастую колодец в деревне — это единственный источник воды, которая служит как для бытовых, так и для хозяйственных нужд. Иногда недалеко от колодцев располагаются сараи, в которых содержат скот, поблизости размещают огороды и поля, на которых используются удобрения и пестициды. Туалеты, организованные по принципу выгребных ям, могут быть расположены недостаточно далеко от колодцев. Чем сильнее загрязнена почва, через которую просачивается вода, тем больше загрязнений попадает в воду. Особенно часто можно встретить загрязнение воды нитратами. Такая вода не имеет постороннего вкуса или запаха и обычный человек, не проводя специальных анализов, не может распознать опасность. Питьевая вода и продукты питания, содержащие повышенное количество нитратов, могут вызывать заболевания. При избыточном содержании в воде, нитраты, попадая в организм, превращаются в очень токсичные нитриты, которые повышают риск возникновения заболевания раком.

После ряда химических и биохимических превращений в почве, азот в виде нитратов вместе с потоком воды попадает в реки и озера, а также в подземные воды. И если в поверхностных водах нитраты активно поглощаются растениями, резко снижающими их

концентрацию, то в подземных резервуарах (в колодцах), где нет растений, попавшие туда нитраты никто не удаляет.

Таким образом, концентрации нитратов в незащищенных грунтовых водах, которые залегают на небольшой глубине, бывают значительно выше (в десятки раз), чем в реках и озерах. По некоторым данным, нитраты могут проникать в недра на глубину около 30 м, а в особых случаях их можно обнаружить и на значительно большей глубине.

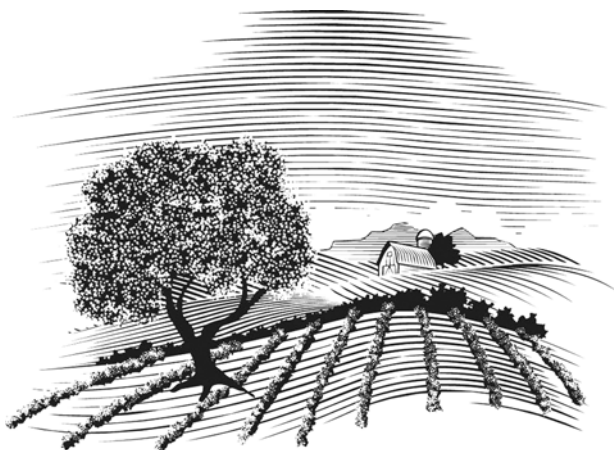
Для защиты колодезной воды от нитратов важно ликвидировать источники попадания загрязнений в поверхностные воды, а также оборудовать «глиняный замок» вокруг колодца, и особенно тщательно герметизировать швы (стыки) между кольцами.



Источники загрязнения поверхностных вод нитратами

Фосфаты и общий фосфор

Фосфор является необходимым элементом для жизни. Этот элемент участвует в круговороте веществ в водных экосистемах в естественных концентрациях. Избыточное попадание соединений фосфора с полей (с гектара орошаемых земель может быть вынесено 0,4–0,6 кг фосфора), со стоками ферм (0,01–0,05 кг/сут на одно животное), с недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами (0,003–0,006 кг/сут на одного жителя), а также с некоторыми производственными стоками приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта. Особенно характерен данный процесс для малопотоковых и непотоковых водоёмов. Происходит изменение трофического статуса



водоёма, перестройка всего водного сообщества, преобладание гнилостных процессов и, соответственно, возрастание мутности, солёности, концентрации бактерий. В природной воде содержание фосфора около 12 микрограмм на литр уже вызывают эвтрофикацию. А определить в полевых условиях можно только сильные залповые загрязнения (милиграммы на литр).

Фосфор в твердой фазе в природных водоёмах обычно находится в донных отложениях, однако может встречаться и в больших количествах, в сточных и загрязнённых природных водах. Фосфаты определяются колориметрическим методом. Подробнее см. Приложение 7.

4.6. МУСОР В ПРИРОДНЫХ ВОДОЁМАХ

Происхождение мусора в водных объектах

Не весь мусор, который мы видим на берегах, оставили посетители. Часть мусора вымывается на поверхность суши из воды или переносится туда ветром. Все это называют морским мусором (иногда наплавным мусором). Большая часть мусора, попадающего в реки или на их берега, также выносится течением в моря. Морской мусор — это мусор, выброшенный человеком намеренно или попавший в водную среду или на берега случайно. Плавающие в воде пластиковые бутылки, забытые или оставленные рыболовные сети, железные банки, шины, ветошь — это сделанные человеком вещи, нашедшие себе путь в водную среду.

Мусорные свалки в океане. Самый большой в мире «мусорный континент», (он находится в Северной части Тихого океана), учёные называют Большим Тихоокеанским мусорным

пятном. Примерные оценки его площади варьируются от 700 тыс до 1,5 млн км². Это скопление часто ещё называют «пластиковым супом», так как большая часть мусора — пластик. Пластик имеет особенность распадаться на более мелкие части под воздействием ультрафиолетовых лучей и волн. Часть пластикового мусора опускается на дно, часть плавает на поверхности. Учёные не могут ответить на вопрос, сколько мусора находится на дне мирового океана.

Пляж Камило Бич на Гавайях почти целиком состоит из пластика. Виноваты не местные жители, течение сюда приносит отходы со всего мира. Например, из Санкт-Петербурга в Финский залив попадает 1500 тонн пластикового мусора в год (это вес 44-х вагонов метро), и одноразовый стаканчик из Петербурга вполне может приплыть на Гавайи.



Минимизация распространения мусора в водной среде

Что же можно сделать, чтобы уменьшить количество морского мусора? Во-первых, не оставлять мусор в неполюженных местах (в лесу, на пляже, на берегах рек), не бросать в воду. Во-вторых, отказаться от одноразовых и ненужных вещей. А в-третьих, узнать, откуда и какой мусор попал на ваш берег. Это поможет понять, как бороться с проблемой.

Контроль распространения мусора в прибрежных зонах

Мониторинг морского мусора на пляжах, в том числе на берегах рек, помогает ответить на вопрос, откуда взялся мусор, и какой тип мусора преобладает для конкретного пляжа. Методология мониторинга основана на классификации отходов по группам: пластик, металл, стекло, одежда, строительный мусор и др. В каждой группе порядка 20–40 наименований мусора, которые за время проведения мониторингов по этой методологии, участники находили на берегах. По итогам каждого мониторинга вы сможете предположительно понять, что и откуда взялось на конкретном пляже. Примерами источников могут быть: ближайшая стройка, плохие очистные сооружения или их отсутствие, морской транспорт

(паромы, корабли), кафе на берегу, свалка и другие источники. Зная источник, можно понять, как работать с ним дальше.

Для проведения исследования нужно собрать инвентарь (например, перчатки, мешки и контейнер для стекла или опасных отходов, фотокамера и др.). На расстоянии не меньше 50 метров друг от друга выбираются два участка, каждый длиной 100 метров и шириной (от уреза воды) 10 метров. Выбранные участки надо описать максимально точно (ландшафт, место расположения) и указать GPS координаты. Исследования на этих участках проводятся в каждый сезон — 4 раза в год (для северных территорий меньше — исключая сезоны, когда земля под снегом). Следуя методике, с учётом типов и размеров образцов, проводится сбор, идентификация мусора и подсчёт количества образцов.

Подробная методика, описанная в Приложении 8 к данному пособию, содержит анкеты для заполнения (Лист идентификации пляжа, Лист исследования, Таблицы с идентификационными номерами для каждого типа объекта).

4.7. МИКРОПЛАСТИК В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В проблеме морского мусора особое место занимает загрязнение водных объектов пластиком. Пластик разлагается столетиями и, с учётом ежегодно возрастающего объёма производства, ещё долго останется пробле-

мой. Более того, крупные пластиковые объекты, попадая в водную среду, «распадаются» на мелкие частицы под воздействием волн и ультрафиолетовых лучей. Таким частицам размером менее 5 мм учёные дали специальное название — микропластик.

Разновидности микропластика

Учёные делят микропластик на два типа в зависимости от происхождения. Первичный микропластик — это микрогранулы, которые специально производят маленькими по размеру. Их используют в средствах ухода за телом (скрабы, кремы, моющие средства), и они попадают в море и другие водные объекты со сточными водами. Вторичный — образуется в результате распада пластиковых отходов под воздействием воды и ультрафиолета. Его источниками могут быть: бытовой мусор, потерянные рыболовные сети, частицы корабельной краски и автомобильных шин, микроволокна ткани, образующиеся при стирке синтетической одежды.

В случае с первичным микропластиком частицы настолько мелкие, что беспрепятственно проходят через системы очистки сточных вод и миллиардами попадают в водоёмы. Около 40 тонн микропластика попадает в Балтийское море ежегодно только из нашей косметики и средств гигиены. Обычный гель для душа может содержать примерно столько же микропластиковых частиц, сколько используется для производства его упаковки (бутыли).



Воздействие микропластика на живые организмы

В морской среде частицы пластика ведут себя, как магниты, абсорбируя органические загрязнители, присутствующие в морской воде, например, полихлорированные бифенилы (ПХБ) — вещества способные вызвать развитие злокачественных новообразований. Размер частиц такой маленький, что водные обитатели могут ошибочно принять микропластик за еду и по пищевой цепи все химикаты потенциально могут попасть к нам на стол с рыбой, морепродуктами и морской солью. Микропластик невозможно собрать из водной среды и сдать в переработку.

По содержанию микропластика в воде нет нормативов, с одной стороны, потому, что это новая проблема, с другой — до конца не изучено влияние частиц пластика на людей и животных. Нормой для всех водных объектов является полное отсутствие микропластика.

Пока нет единой системы мониторинга загрязнения микропластиком, поскольку учёные заметили эту проблему только около 5 лет назад. Существует ряд методик, но научное сообщество ещё не пришло к универсальной.

Общественный мониторинг даёт общее представление о содержании и видах микропластика в природных водах, и служит основой как для более системных научных исследований, так и для выводов об источниках загрязнений.

Методика общественного мониторинга микропластика создана экспертами Коалиции Чистая Балтика в сотрудничестве организаций Экоцентр (Россия) и «Центр Экологических решений» (Беларусь) на основе разработки университета г. Упсала (Швеция) и с участием специалистов С.-Петербургского государственного университета, Института озёроведения Российской Академии наук и Российского государственного гидрометеорологического университета. Основа методики — отбор проб микропластика в водных объектах и анализ проб под микроскопом. Методика содержит рекомендации по отбору проб воды с помощью планктонных сеток или самодельных фильтров, правила хранения проб и процедуры их исследования с помощью микроскопа.

Приведены формы Протоколов отбора проб и микроскопного исследования. В методике также приводятся примеры фотографий некоторых образцов микропластика (из опыта исследований в регионе Финского залива и в Калининградской области) для сравнения и классификации обнаруженных частиц. Подробная методика общественного мониторинга микропластика в водных объектах приведена в Приложении 9.

4.8. ДРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Металлы

Говоря о повышенной концентрации в воде металлов, как правило, подразумевают загрязнение солями тяжёлых металлов. Тяжёлые металлы, попадая в воду, могут существовать в виде растворимых токсичных солей и комплексных соединений, коллоидных частиц, осадков (свободных металлов, оксидов, гидроксидов и др.). Главными источниками загрязнения воды тяжёлыми металлами являются гальванические производства, предприятия горнорудной, чёрной и цветной металлургии, машиностроительные заводы и др. Тяжёлые металлы в водоёме вызывают целый ряд негативных последствий: попадая в пищевые цепи и нарушая элементный состав биологических тканей, они оказывают тем самым прямое или косвенное токсическое воздействие на водные организмы. Тяжёлые металлы по пищевым цепям могут попадать в организм человека.

При помощи колориметрических методов можно определить довольно высокие концентрации металлов в воде. Однако в природных водоёмах такие концентрации практически не встречаются.

Нефтепродукты

Нефтепродукты — это одни из наиболее распространённых и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Большие количества нефтепродуктов поступают в поверхностные воды при перевозке водным путем, транспортировке по трубопроводам, со сточными водами предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, хи-

мической, металлургической и других отраслей промышленности, с хозяйственно-бытовыми водами.

Обычно наличие нефтепродуктов можно определить по радужной пленке на поверхности воды. Нефтяная пленка оказывает отрицательное воздействие, как на качество воды, так и на состояние водоёма в целом, на его флору и фауну. При наличии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется её цвет, pH, ухудшается газообмен воды с атмосферой, нарушаются процессы самоочищения водоёма.

Точный анализ концентрации нефтепродуктов в воде определяется химическими методами в лабораторных условиях.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ)

В водные объекты ПАВ поступают в значительных количествах с хозяйственно-бытовыми стоками (от использования синтетических моющих средств в быту), с промышленными сточными водами (текстильная, нефтяная, химическая промышленность, производство синтетических каучуков, промышленное использование моющих средств). Также ПАВ



поступают в водоёмы со стоком с сельскохозяйственных угодий, поскольку эти вещества входят в состав инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и дефолиантов в качестве эмульгаторов.

В зонах загрязнения водных объектов концентрация ПАВ вблизи источников загрязнения может достигать нескольких миллиграммов в 1 л. Попадая в водоёмы и водотоки, ПАВ оказывают значительное влияние на их физико-биологическое состояние, ухудшая кислородный режим и органолептические свойства. Поскольку ПАВ разлагаются очень медленно, в водоёмах они сохраняют-

ся долгое время. Кроме того, ПАВ осаждаются в донные слои и служат источником вторичного загрязнения. Характерным свойством ПАВ является их высокая пенообразующая способность. Хотя ПАВ не являются высокотоксичными веществами, имеются сведения о косвенном их воздействии на гидробионтов. Так, при концентрациях 5–15 мг/л рыбы теряют слизистый покров, при более высоких концентрациях может наблюдаться кровотечение жабр.

Самый простой способ первичного определения наличия ПАВ — это пенистость воды. Более точным методом для определения концентраций ПАВ в воде от 0,5 до 5,0 мг/л является визуально-колориметрический. Этот метод требует использования лабораторного оборудования и химических реактивов.

Коли-бактерии

Бактерии-коли, которые присутствуют в фекалиях, сами по себе не являются патогенными, они живут и размножаются только в кишечнике теплокровных позвоночных, включая человека, и принимают участие в процессе пищеварения. Однако присутствие этих бактерий в водоёме может косвенно указывать на возможное загрязнение воды патогенными микроорганизмами. Эти бактерии могут попадать в водоёмы с дождевыми водами, несущими отходы жизнедеятельности птиц и млекопитающих, содержащимися на фермах со сточными водами, сбрасываемыми в реку.

Несмотря на то, что определение содержания коли-бактерий является важным моментом при определении качества воды, их выявление не проводится в рамках школьных исследований.



5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ГРУПП НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РЕКАМ

5.1. С ЧЕГО НАЧАТЬ?

После выявления проблемы, постановки задач для проведения исследований водоёма и распределения функциональных обязанностей в группе, на выбранном участке проводится первичное наблюдение.

Для проведения первичного наблюдения водоёма очень полезно использовать Протокол обследования рек и озер программы «Наблюдения за природой Балтики» / Nature Watch Baltic (форма Протокола приведена в Приложении 10 этой брошюры).

При первичном наблюдении, включая визуальную оценку участка реки, целесообразно фиксировать текущее состояние водоёма с помощью фотосъёмки и словесного описания. Фотосъёмка может служить основой для составления карты-схемы участка ручья, которая будет важным документом при разработке проекта мероприятий по улучшению санитарного состояния водотока.

Изготовление карты-схемы участка в масштабе 1:500 или 1:1000 необходимо для того, чтобы были видны мелкие детали прибрежной полосы и русла реки (кустарники, деревья, заросли водной растительности, камни, строительные конструкции и т. д.).

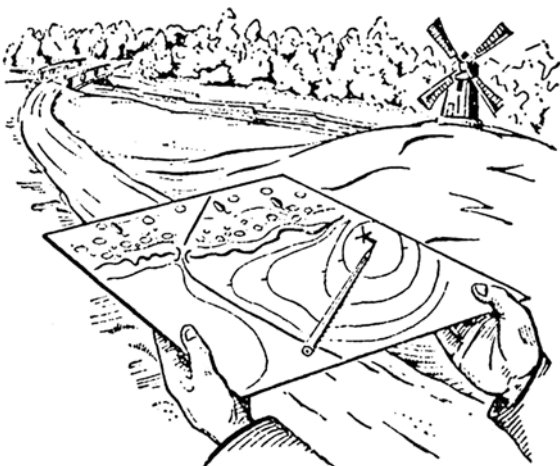
Топографической основой для составления карты-схемы участка может стать копия из плана городской застройки, с которым можно ознакомиться в архитектурно-планировочном отделе местной администрации. При составлении карты-схемы своими силами

ми проще всего использовать глазомерную съёмку местности.

Далее проводится определение основных гидрологических характеристик исследуемого участка реки. Затем определение качества воды теми методами, которые описаны выше. Следует выбирать те методы, для проведения которых у вас есть необходимые навыки, приборы и материалы.

Если в процессе исследований вы обнаружили отклонение того или иного показателя от нормы, важно определить источник такого отклонения. Кроме того, желательно проследить изменение определяемого параметра во временной и пространственной динамике, так как изменения показателей качества воды могут быть вызваны залповым аварийным сбросом или носить продолжительный систематичный характер. В поисках скрытых источников отклонений может помочь определение индексов биоразнообразия на разных участках реки. Одновременно с исследованием качества воды или даже раньше этого этапа целесообразно провести сбор данных о предполагаемых источниках загрязнения. Зная о наличии тех или иных антропогенных объектах на берегах реки, можно спланировать исследования таким образом, чтобы максимально учесть их потенциально-возможное влияние на водоток. Сбор данных предполагает описание объектов и нанесение их на карту-схему местности. Информация об объектах хозяйственной деятельности, т. е. о потенциально возможных источниках загрязнения, является основополагающей в принятии решений по управлению качеством воды в реках, поскольку она позволяет спрогнозировать возможные причины, характер, периодичность загрязнений водоёма, а также разработать план действий по улучшению качества воды и предотвращению её дальнейшего загрязнения.

Изучение «истории болезни». В результате длительного многолетнего периода загрязняющего антропогенного воздействия меняется качество и состав вод, изменяется экосистема водного объекта. Как правило, происходит упрощение экосистемных связей. Информация о «прошлом» реки позволя-



ет сопоставить показатели состояния водной экосистемы реки в прошлом с современными условиями. Одним из методов сбора такой информации может быть опрос местного населения, давно проживающего в этой местности, о том, какой была река в прошлом: какие виды животных в ней обитали, насколько она была полноводной, насколько чистой была вода, и как люди использовали реку в своей деятельности и для своих нужд. В поиске и получении такой информации могут помочь и органы по контролю за состоянием окружающей среды, в первую очередь органы рыбоохраны и соответствующие специалисты из местной администрации.

5.2. ОТ МЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ К ОБЩЕСТВЕННОМУ МОНИТОРИНГУ

Результаты исследований самых первых общественных наблюдений рек зачастую могут дать важный сигнал о состоянии того участка реки, который удалось обследовать. Это могут быть данные о параметрах природных вод и о степени влияния изменения качества воды на последствия для растительного и животного мира водоёма. В некоторых случаях полученные общественными группами данные могут свидетельствовать о необходимости более точных измерений, а зачастую позволяют сделать вывод об источниках загрязнений, и о необходимых дальнейших действиях для их ликвидации.

Несмотря на сходство сложных экологических ситуаций на водных объектах, в каждой стране и в каждом речном бассейне они по-своему уникальны. По этой причине, не может быть универсального «рецепта» для каждого речного бассейна. Вместе с тем уже существует немалый опыт сохранения и восстановления рек, управления речными бассейнами, участия общественности в принятии решений по водным проблемам.

Если общественная группа начала наблюдение за качеством воды на том участке реки, который для них имеет особое значение, участникам стоит оценить свои возможности для получения максимально полной и достоверной картины состояния реки на всем её географическом протяжении и с учётом временных изменений. Такую картину даёт систем-

ный экологический мониторинг. Основой мониторинга является система контрольных точек наблюдений, при помощи которой с определенной сезонной периодичностью можно определять доступные для ваших методов исследований и возможностей параметры состояния воды. Такие измерения дают возможность не только сравнивать характеристики воды по ходу течения реки, но и позволяют отслеживать изменения ежегодно от сезона к сезону.

Совокупность собранных сведений о прошлом и современном состоянии реки, включая ваши собственные наблюдения, будет служить основанием для разработки мер по улучшению качества воды, поддержания благополучия экосистемы реки, повышения его рекреационной и хозяйственной ценности для населения.



5.3. КУДА ОБРАЩАТЬСЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБНАРУЖЕННЫХ ПРОБЛЕМ?

Если в ходе исследования было выявлено, что источником загрязнения является предприятие, находящееся вблизи реки, то ответственность за устранение нарушений лежит на его владельцах. Представители местного сообщества, школьные группы вправе обратиться для принятия мер в соответствующие территориальные органы, такие как :

- администрация местного населённого пункта;
- территориальные органы государственных природоохранных организаций;
- бассейновые службы;
- санитарно-эпидемиологические службы;
- санитарная полиция;
- органы рыбоохраны и др.

Для того, чтобы ваше обращение было принято и рассмотрено, а затем последовали конкретные меры по решению вопроса, необходимо тщательно подготовиться. Для этого нужно чётко определить проблему, которую вы предлагаете решить, собрать документы, которые могут быть уместными, изложить все

факты и обстоятельства. Кроме того, нужно сформировать собственное мнение о возможных последствиях, и наиболее оптимальных решениях.

Затем необходимо подготовить официальное письмо и приложить к нему копии материалов, иллюстрирующих ситуацию. Важным аргументом в обосновании проблемы станет представление задокументированных результатов ваших исследований (карта-схема, протоколы исследования, полученные показатели качества воды). В тексте письма полезно привести ссылки на соответствующее национальное законодательство с выделенными пунктами, статьями, имеющими отношение к конкретному делу.

Письмо и материалы обязательно должны быть зарегистрированы получившей их организацией.

5.4. ПУБЛИКАЦИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Важно, чтобы как можно больше людей знало о ценности, состоянии и проблемах конкретной реки и возможных решениях возникших сложных экологических ситуаций. Для распространения информации о результатах ваших исследований взаимодействуйте с журналистами, рассказывайте им о реке, сами пишите статьи в СМИ, организуйте конференции, круглые столы и общественные обсуждения по проблемам реки с приглашением всех, кто имеет отношение к ней и может влиять на её судьбу. Размещение в интернете результатов исследований общественных групп и имеющихся научных данных о состоянии реки, интерактивных карт бассейна реки, может помочь в решении данных проблем. Такие базы данных могут создаваться общественными организациями, они могут быть использованы как для обмена информацией между группами по наблюдению рек, так и для вовлечения новых участников, а также для привлечения внимания государственных органов к выявленным проблемам.

Примером может быть электронная база данных источников загрязнения водных ресурсов на сайте www.watercontrol.info. Данные в базу сайта может добавить любой

гражданин, обнаруживший проблему. Кроме обнаружения и картирования источника загрязнения, в базе данных предусмотрена возможность подготовки запроса в государственные органы. Все запросы и ответы на них также могут быть размещены в индивидуальном профиле конкретного загрязнения. В эту базу также можно занести данные об обнаружении нитратов в питьевой воде нецентрализованных источников водоснабжения, поскольку нитраты в колодцах являются показателем общего нитратного загрязнения подземных и поверхностных вод.

Специалисты общественной организации, ответственной за сайт, проверяют полученную информацию и готовят официальные запросы местным органам власти или специальным организациям, отвечающим за наведение порядка, добиваясь ликвидации нарушений природоохранного законодательства.

Партнерство и взаимодействие

Создание эффективных партнерских отношений — важный элемент интегрированного управления речными бассейнами.

Для участия в эффективном управлении речным бассейном, представителям обществу необходимо работать одновременно на разных уровнях: местном, национальном и бассейновом. Бассейновый уровень предполагает сотрудничество с органом бассейнового управления, если такая структура имеется в стране, а также с региональными донорами и политиками.

Для НКО важно не только знать особенности региона, но и быть готовыми вовлечь в партнерство всех заинтересованных лиц, включая и тех, кто напрямую не занимается охраной окружающей среды, привлекать местную экспертизу и опыт, постоянно прикладывать усилия для повышения информированности общественности и получения поддержки местного населения.

Таким образом, перед планированием и внедрением мероприятий в конкретном речном бассейне, важно понять интерес местных заинтересованных сторон и установить с ними доверительные отношения.

Взаимодействие с высшими должностными лицами региона, религиозными лидерами

ми и другими представителями населения, влияющими на общественное мнение, может помочь в достижении понимания между все-

ми сторонами для целей необходимости сохранения речного бассейна, принятия решений и выполнения мер по его сохранению.

По законам природы любая территория относится к бассейну какой-то реки, и каждая капля чистой или загрязнённой воды в конце концов попадет в реку и море. Поэтому так важно учиться думать и действовать по «бассейновому принципу».



6. ПРИОРИТЕТЫ КОАЛИЦИИ ЧИСТАЯ БАЛТИКА ПО МЕРАМ ОХРАНЫ ПРИРОДНЫХ ВОД

Экологически дружественные решения в бассейнах рек — это часть устойчивого бассейнового управления. Для улучшения экологического состояния рек, приносящих свои воды в Балтийское море, нужно уменьшать нагрузку от загрязнений, связанных с сельскохозяйственной деятельностью, внедрять



системы устойчивого обращения со сточными водами, поддерживать речное биоразнообразие, развивать цивилизованные методы рыболовства, повышать общий уровень информированности общества о состоянии окружающей среды, включая продвижение общественного мониторинга.

Системы устойчивого обращения со сточными водами для небольшого и среднего размера муниципалитетов, а также для домов на одну семью, позволяют избегать, ограничивать и минимизировать образование сточных вод, и возвращать содержащиеся в сточных водах биогены обратно в качестве ресурса при использовании сельскохозяйственных земель. Предлагайте муниципалитетам разрабатывать методы, которые бы продвигали идею использования устойчивых решений для туалетов (например, туалеты с отведением урины, с малым смывом, сухие туалеты без образования сточных вод).

В сельском хозяйстве для сохранения качества природных вод важны такие меры, как:

- модернизация мест для хранения жидких органических отходов и навоза;
- применение более эффективных технологий использования навоза, в том числе производство компостных смесей, переработка на сухие удобрения, производство биогаза;
- повышение эффективности и минимизация объёмов использования химических удобрений и пестицидов, развитие органического земледелия;
- создание буферных зон для защиты водотоков и сооружение искусственных болотных угодий в качестве устойчивых структур контроля за загрязнениями.

Для поддержания популяции рыб в реках и защиты биоразнообразия необходимо достоверное описание популяций рыб в речных системах и поддержание условий их жизнедеятельности. Виды мигрирующих рыб



должны иметь возможность мигрировать во все части речной системы, где есть пригодные места для откладывания икры и разведения. Многие конструкции на реках (плотины ГЭС, старые плотины при мельницах, старые конструкции для сплава леса, построенные недолжным образом трубы под дорогами) препятствуют миграции рыб. Такие препятствия в речных системах должны быть исследованы, особенно там, где обитают редкие виды, такие как балтийский лосось или коричневая форель. Необходима разработка планов изъятия или изменения препятствий для того, чтобы рыбы имели возможность использовать для миграции все полезные части речной системы. Если убрать плотину на реке невозможно, план должен предусмотреть сооружение рыбоходов.

Необходим контроль за режимом рыболовства в реке (например, за незаконной рыбалкой), который гарантировал бы устойчивость популяции дикого лосося, кумжи и других видов рыб.

Аквакультура может создавать значительное биогенное загрязнение (от экскрементов рыб и излишков корма), загрязнение антибиотиками, гормонами и др. Предпочтительно, чтобы объекты аквакультуры разводились в рыбоводных ёмкостях на суше, а не в садках в реках, так, чтобы загрязнённую воду можно было обработать. На выходе прудов с аквакультурой должна производиться обязательная обработка сточных вод. Недопустимо размещение мощностей и оборудования аквакультуры в уязвимых речных водах.



Местные группы наблюдения рек не могут сами воплотить такие решения, но они могут стать движущей силой изменений, инициаторами налаживания сотрудничества, ядром информирования и вовлечения всех, кому небезразлична судьба реки и Балтийского моря.

По инициативе организаций-членов Коалиции Чистая Балтика в бассейнах рек Неман, Западная Двина/Даугава и в бассейне южной части Финского залива и реки Луга созданы **Общественные Речные Советы** и **Речные Консультативные группы**, объединившие специалистов, общественников и обычных жителей, заинтересованных в улучшении состояния рек.

ПРИЛОЖЕНИЯ

В основной части пособия мы представили задачи и общие подходы к организации общественных наблюдений заводоёмами и использованию их результатов.

В приложениях мы более детально расскажем о методах исследований, в том числе о необходимом оборудовании и материалах, правилах отбора проб и о том, как правильно трактовать результаты исследований. Здесь вы найдёте инструкции по работе с разнообразными показателями качества воды и состояния экосистемы водоёма.

- Приложение 1. Общие характеристики реки;
- Приложение 2. Органолептические показатели качества воды;
- Приложение 3. Методы биоиндикации;
- Приложение 4. Химические методы исследования качества воды;
- Приложение 5. Определение общих и суммарных параметров воды;
- Приложение 6. Определение общей жёсткости;
- Приложение 7. Определение биогенных элементов
- Приложение 8. Мониторинг морского мусора на пляжах;
- Приложение 9. Исследования загрязнения водных объектов микропластиком;
- Приложение 10. Протокол обследования природных пресноводных водоёмов.

Мы надеемся, что это практическое руководство станет настольной книгой вашей группы общественных наблюдателей и поможет сделать исследовательский опыт более увлекательным.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ

После первичного, визуального осмотра исследуемого участка реки определите гидрологические и гидрометрические характеристики. Они дают достаточно полное представление о характере, форме, размерах, протяженности водных объектов и некоторых физико-географических особенностях их водосборов.

§ 1. Измерение длины реки

Измерение длины всей реки не всегда целесообразно. Обычно участники наблюдений выбирают определённый, наиболее интересный им участок реки. Если все-таки существует потребность в определении длины всей реки, измерения проводят на основе крупномасштабных карт (1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:1000001**).

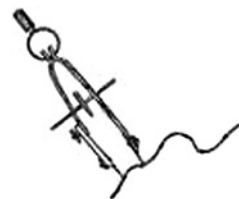
Оборудование: крупномасштабная карта, циркуль-измеритель, курвиметр** или нить, линейка.

* Малым рекам — нашу заботу: практическое пособие для школьных экологических клубов / под ред. В.Н. Зуева. — Минск: Медисонт, 2014. — 120 с.

** Курвиметр — прибор для измерения длины извилистых линий, чаще всего на картах, планах и чертежах.

Выполнение измерений:

Измерение длины циркулем-измерителем
Раствор, или «шаг» циркуля-измерителя устанавливают так, чтобы он соответствовал целому числу километров. Одну иглу циркуля ставят в начальную точку, а вторую — на измеряемую линию. Поворачивая циркуль вокруг одной из игл, «шагают» по маршруту. Общая длина его равна числу шагов, умноженному на величину шага циркуля, плюс остаток, измеренный по линейному масштабу.



Измерение длины курвиметром

Курвиметр особенно удобен для измерения извилистых и длинных линий. В приборе имеется колесико, которое соединено системой передач со стрелкой. При измерении расстояния курвиметром нужно установить его стрелку на нулевое деление, а затем прокатить колесико



вдоль маршрута так, чтобы показания шкалы возрастали. Полученный отсчёт в сантиметрах умножают на величину масштаба и получают расстояние на местности.

Измерение длины реки ниткой

1. Нитку нужно смочить, иначе уложить её на бумагу трудно.
2. Приложить нитку к кривой линии (к реке — от истока до устья) так, чтобы она повторяла все изгибы реки.
3. Отметить на нитке пальцами или пинцетом точки истока и устья. Можно аккуратно обрезать нитку ножницами по этим точкам.
4. Распрямить нитку, замеченный или отрезанный участок нитки приложить к линейке и измерить, сколько в нем сантиметров. Результат измерения умножить на количество километров на местности для данного масштаба. Можно приложить нитку к линейному масштабу на карте и сразу прочитать длину реки.

§ 2. Измерение коэффициента извилистости реки ($K_{изв}$)

Коэффициент извилистости реки представляет собой отношение фактической длины реки или её участка L , км, определяемой с учётом извилистости, к длине прямолинейной линии e , соединяющей исток и устье или начало и конец участка:

$$K_{изв} = \frac{L}{e}.$$

При дальнейшем анализе качества воды стоит иметь в виду, что в местах значительной извилистости скорость течения воды уменьшается. Это может определять характер растительности и скорость оседания загрязняющих веществ.

§ 3. Определение уклона реки

С увеличением уклона реки увеличивается и скорость течения воды. На участках с небольшим уклоном при слабом течении возможно значительное распространение растительности.

Для определения уклона реки находят высотные отметки уровня воды в реке по отдельным её участкам. Разность высотных отметок в начале H_1 и в конце участка H_2 называется

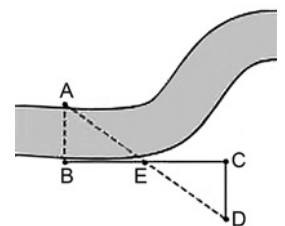
падением реки H . Отношение падения реки к длине участка L даёт средний уклон реки i на данном участке:

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{\Delta H}{L}$$

Уклон обычно выражается в виде десятичной дроби, иногда в промилле, т. е. в тысячных долях, и в процентах.

§ 4. Измерение ширины реки

1. Самый простой способ измерения ширины реки — при помощи рулетки с переправой на другой берег.
2. Если ширина реки не превышает 30–35 м, то измерить её можно при помощи шнура с грузом на конце. Для этого необходимо перебросить груз на другой берег и, натянув шнур, заметить его длину от одного берега до другого.
3. Ширину небольшой реки можно измерять и при помощи метода шагов, основанного на построении равнобедренных треугольников.
4. Оборудование: колышек, рулетка или мерная лента.
5. Выполнение измерений:
6. Встаньте у реки, лицом к противоположному берегу, в точке В.
7. Заметьте на противоположном берегу какой-либо ориентир, например, дерево, точка А.
8. Повернитесь направо и отсчитайте 50 шагов.
9. Установите второй ориентир, например, колышек, точка Е.
10. В том же направлении пройдите ещё 50 шагов, точка С.
11. Снова развернитесь направо, как можно точнее сохраняя угол в 90 градусов.
12. Начинайте движения, ориентируясь на оба ориентира, А и Е.
13. Когда ориентиры будут на одной линии, остановитесь, точка D.
14. Измерьте рулеткой или мерной лентой длину одного шага.
15. Количество шагов, переведенное в метры, от точки С до точки D и будет шириной реки.



§ 5. Измерение глубины русла

Оборудование: водомерная рейка, лот, лодка при отсутствии моста через реку, верёвка, размеченная через один метр, журнал для измерения глубины реки.



Выполнение измерений:

Измерения глубины желательно проводить в разных местах — на плёсах и перекатах. Проще всего их выполнять с мостика, висящего над рекой.

Глубину реки можно определить прямыми измерениями с помощью водомерной рейки или, если глубина значительна, ручного лота. Измерения в зависимости от ширины реки ведут через 1, 2, 5, 10 метров. При отсутствии моста измерения приходится проводить с лодки. Для этого поперек русла натягивают веревку, размеченную через один метр хорошо различимыми метками. Продвигаясь вдоль веревки, опускают рейку или лот, измеряя глубину через определённое расстояние.

Данные измерений заносят в журнал измерения глубины реки (Журнал промера глубин реки). Попутно в той же таблице отмечается характер грунта и водная растительность.

По данным измерений при необходимости можно построить поперечный профиль русла реки — водное сечение. Чтобы определить среднюю глубину на створе, надо разделить площадь сечения на ширину реки. Площадь водного сечения можно найти как сумму элементарных геометрических фигур, образованных промерными вертикалями от промерных точек (рис. 1.1). Геометрическими фигурами будут прямоугольные трапеции, площадь которых равняется произведению полусуммы оснований на высоту, и прямоугольные треугольники, их площадь равняется половине произведения катетов.

Возможность измерить глубины по всему створу есть далеко не всегда. В этом случае площадь водного сечения можно приближённо определить по формуле:

$$\omega = BH_{\text{наиб}}$$

где B — ширина реки, $H_{\text{наиб}}$ — наибольшая глубина.

Таблица. Журнал промера глубин реки

Створ № _____ Привязка _____

№ точки	Расстояние от начала створа, м	Расстояние между точками, м	Глубина, м	Грунт	Растительность

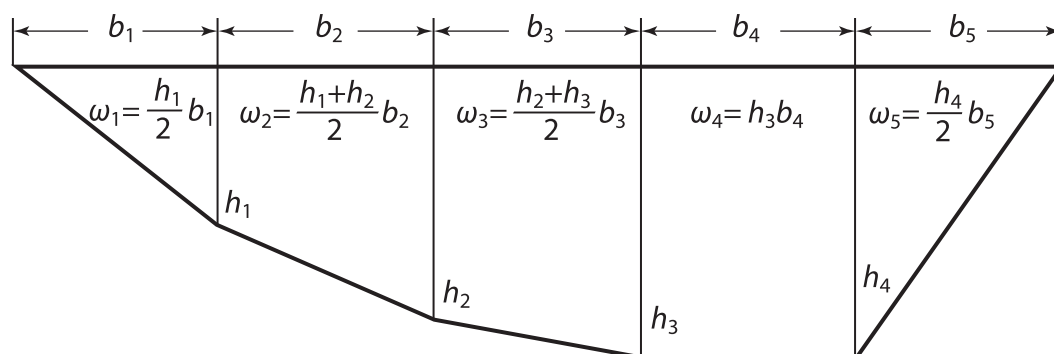


Рис. 1.1. Определение площади поперечного сечения русла реки путем разбивки на геометрические фигуры

§ 6. СКОРОСТЬ ТЕЧЕНИЯ РЕКИ И РАСХОД ВОДЫ

Оборудование: поверхностные и / или глубинные поплавки (бутылки с пробками), бечевка, рулетка, секундомер, план участка реки.

Выполнение измерений:

В полевых условиях скорость течения измеряется поверхностными и глубинными поплавками. Наиболее простой способ — измерение поверхностными поплавками, но он возможен лишь при слабом ветре. За наибольшую допустимую скорость ветра принимают обычно 6 м/с. Поплавками могут служить сухие кусочки дерева, щепки.

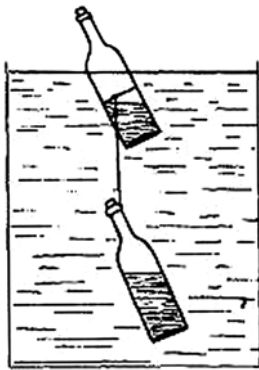


Рис. 1.2. Глубинные поплавки

Глубинные поплавки легко изготовить из двух бутылок с пробками. В одну из них наливают воду, а бутылки связывают бечевкой (рис. 1.2).

Погружённый поплавок (бутылка с водой) позволяет судить о скорости течения на глубине.

1. На участке измерения скорости течения разбиваются три створа: верхний (пусковой), средний (промежуточный) и нижний. Расстояние между створами измеряется рулеткой. Створы наносятся на план.
2. Выше пускового створа запускаются поплавки.
3. Секундомером отмечается время прохождения поплавков через каждый створ. Эти данные заносятся в таблицу Протокола измерения скорости течения реки.

4. По 4–5 поплавкам находится средняя скорость на нижнем створе.
5. На плане отмечается направление и скорость течения (рис. 1.3).

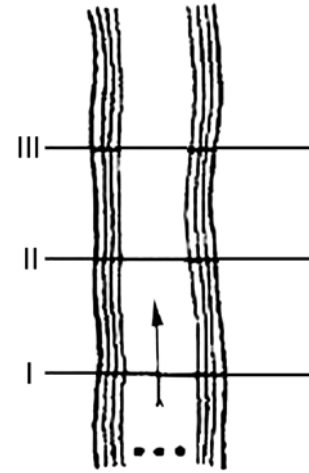


Рис. 1.3. Участок измерения скорости течения реки

6. Необходимо также отметить состояние русла реки на участке (чистое, местами заросшее), характер погоды, особенности ветра (штиль, слабый, умеренный, сильный, по течению, против течения, от берега к берегу), рябь на воде, волнение.

Расход воды — это количество воды (в кубических метрах), протекающее через площадь живого сечения в единицу времени (в 1 секунду).

Чтобы определить расход воды в реке, надо среднюю скорость течения реки умножить на площадь водного сечения:

$$Q = V_{cp} \omega,$$

где Q — расход воды в реке, V_{cp} — средняя скорость потока, ω — площадь водного сечения русла (см. § 5).

Таблица. Протокол измерения скорости течения реки

№ поплавка	Расстояние, м	Время пуска, сек	Время прохождения		Разница во времени, сек	Скорость, м/сек
			Среднего створа, сек	Нижнего створа, сек		

Итак, в результате проведённых измерений и расчётов на этапе первичного осмотра мы получили длину и ширину исследуемого участка реки, коэффициент извилистости реки, её уклон, скорость течения реки и расход воды.

Проведя первичные гидрологические и гидрометрические исследования выбранного участка реки, участники наблюдений могут сделать первоначальные выводы о водотоке. В частности, скорость и характер течения

реки оказывает влияние на степень загрязнения воды, накопления на дне и на берегах вредных веществ и на особенности органического мира реки.

Первичные исследования позволяют выявить особенности грунта и рельефа дна участка реки, наличие на дне мусора, водной растительности и т. д. На основе полученных результатов можно сделать первые выводы об общем состоянии исследуемого участка реки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Органолептический метод позволяет определить качество воды, основываясь на восприятии органов чувств. Для измерений актуальны обоняние, вкус и зрение.

§ 1. Запах

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ. Они могут возникать в воде естественным образом с развитием в водоёме водорослей, плесеней, актиномицетов и других водных организмов. В таком случае запах характеризуют как землистый, гнилостный, болотный, сероводородный. При условии искусственного попадания летучих веществ в водоёмы вместе со сточными водами запах может быть классифицирован как хлорный, фенольный, аптечный. Кроме характера запаха определяют его интенсивность как степень разбавления водой, лишённой запаха.

Метод количественного определения интенсивности запаха

Оборудование: активированный уголь, 1 литр воды, бумажный или бытовой фильтр.

Выполнение анализа:

1. Приготовить воду, лишённую запаха можно обработкой активированным углем в количестве 0,6 г угля на 1 л воды с последующим фильтрованием воды через бумажный фильтр, либо пропустив

воду через бытовой фильтр для очистки воды.

2. Определение «порогового числа» запаха N :

$$N = \frac{V_0}{V_A},$$

где: V_0 — суммарный объём воды (с запахом и без запаха); V_A — объём анализируемой воды (с запахом), мл.

Если анализируемая вода содержит какое-либо пахнущее вещество, описанным способом можно определить его концентрацию в пробе. Для этого предварительно определяют «пороговое число» запаха стандартного раствора этого пахучего вещества известной концентрации.

Тогда концентрация этого вещества в пробе (C_x) в мг/л будет равна:

$$C_x = C_0 \times \frac{N_0}{N_x},$$

где: C_0 — концентрация определяемого вещества в стандартном растворе, мг/л; N_0 и N_x — «пороговое число» запаха стандартного раствора и пробы соответственно.

Определение порогового числа избавляет от необходимости определять количественное содержание в воде тех веществ, для которых ПДК установлено по органолептическому показателю — запаху (например, для фенолов и хлорфенолов).

Метод качественного определения интенсивности запаха

Оборудование: проба воды, колба на 250–500 мл с пробкой. Выполнение анализа:

1. Заполните колбу водой на 1/3 объёма и закройте пробкой.
2. Взболтайте содержимое колбы вращательным движением руки.
3. Откройте колбу и сразу же определите характер и интенсивность запаха, вдыхая воздух, как показано на рисунке. Воздух вдыхайте осторожно, избегайте глубоких вдохов.

При выполнении анализа на запах и привкус обязательно указывается температура, поскольку интенсивность этих показателей увеличивается с повышением температуры.



Если запах сразу не ощущается или он не отчётливый, испытание можно повторить, нагрев воду в колбе до температуры 60°C, опустив колбу в горячую воду. Пробку из колбы предварительно вытащите.

4. Интенсивность запаха определите по пятибалльной шкале согласно таблице определения запаха.

Считается, что чистые природные воды запаха не имеют. Однако, если вы его обнаружили, в первую очередь сравните результаты вашего исследования с действующими нормами в вашей стране. В частности, по российским СанПиН запах питьевой воды должен быть

не более 2 баллов. Если нормы превышены, следует искать причины.

При анализе результатов необходимо учитывать, что на запах воды оказывают влияние состав содержащихся в ней веществ, температура, значения pH, степень загрязнённости водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т. д.

Причины превышения норм по запаху могут быть естественного происхождения (от живущих и отмерших организмов, от влияния почв, водной растительности и т. п.) и искусственного происхождения (от промышленных, сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых сточных вод). Такие запахи обычно значительно изменяются при обработке воды.

§ 2. Вкус

Определение вкуса воды из соображений безопасности разрешается только для воды питьевого назначения. Для природных водоёмов этот показатель не определяется.

Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5-балльной шкале, приведённой в таблице для определения вкуса.

Важно! При практических работах с детьми не рекомендуется определение привкуса и вкуса воды ими самими в целях безопасности здоровья.

Таблица для определения характера и интенсивности запаха

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Нет	Вкус и привкус не ощущаются	0
Очень слабая	Запах сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном исследовании (при нагревании воды)	1
Слабая	Запах замечаются, если обратить на это внимание	2
Заметная	Запах легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчетливая	Запах обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от употребления	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делают воду непригодной к употреблению	5

Таблица для определения характера и интенсивности вкуса и привкуса

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

§ 3. Мутность и прозрачность

Мутность воды или снижение прозрачности, связана с наличием тонкодисперсных взвесей, например, песка, глины, неорганических соединений (гидроксида алюминия, карбонатов различных металлов), а также органических примесей или живых существ, например, фито и зоопланктона.

При снижении прозрачности уменьшается прохождение света через толщу воды, это снижает эффективность фотосинтеза и естественную биологическую продуктивность водоёма, меняются условия среды обитания водных животных.

Методы качественного определения мутности и прозрачности

1. В полевых условиях мутность измеряется с помощью диска Секки, который представляет собой белый диск диаметром около 20 см, привязанный к длинной веревке, размеченной по длине.

Оборудование: диск Секки, привязанный к длинной веревке. В школьных условиях можно в качестве диска Секки использовать белую эмалированную крышку от кастрюли соответствующего диаметра.

Выполнение анализа:

Погружая диск в воду до его исчезновения из виду, узнаем относительную прозрачность воды.

Измерения стоит повторить 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, наклоненные над водой деревья, обрывистые берега и др.

Описанный метод не подходит на прозрачных мелководных реках и ручьях.

2. Определение мутности воды с помощью тёмной бумаги.

Оборудование: пробирка стеклянная высотой 10–12 см, лист тёмной бумаги (в качестве фона).

Выполнение анализа:

1. Заполните пробирку водой до высоты 10–12 см.
2. Определите мутность воды, рассматривая пробирку сверху на тёмном фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном). Выберите подходящее из приведённых в таблице.

Мутность воды
Мутность не заметна (отсутствует)
Слабо опалесцирующая
Опалесцирующая*
Слабо мутная
Мутная
Очень мутная

* «Опалесцирующая» вода — от слова «опал» — молочно-белый минерал с радужным оттенком, здесь имеется в виду именно этот отлив.

Ориентируясь на таблицу в результате анализа, вы получите качественную характеристику мутности воды.

Метод количественного определения мутности и прозрачности

Метод количественного определения прозрачности основан на определении высоты водяного столба, при которой ещё можно визуально различить чёрный шрифт высотой 3,5 мм и шириной линии 0,35 мм на белом фоне или увидеть юстировочную метку. Например, чёрный крест на белой бумаге.

Используемый метод является унифицированным и соответствует ИСО 7027.

Проведению анализа могут мешать вещества, окрашивающие воду, а также пузырьки воздуха.

Оборудование: Ламинированный образец шрифта (высота 3,5 мм, ширина линии 0,35 мм) или юстировочная метка (2 шт.). Пипетка для отбора воды, трубка для определения прозрачности (длина 600 мм, диаметр 25 мм), экран для трубки, шприц с соединительной трубкой.

Примечание. Для устойчивости трубку для определения прозрачности лучше закреплять в штативе.

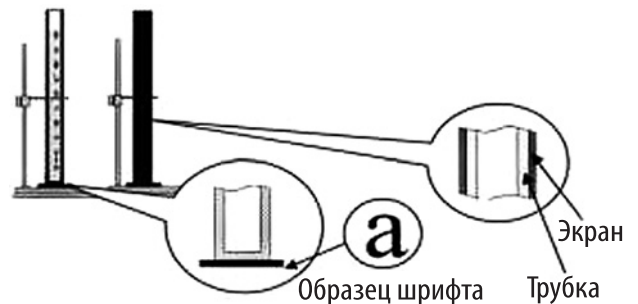
Отбор проб и подготовка к определению

Пробы следует отбирать в стеклянные бутылки, закрывать пробками и проводить определение по возможности сразу же после отбора. Если же хранение неизбежно, пробы следует хранить в прохладном тёмном помещении, но не дольше суток, препятствовать контакту пробы с воздухом и избегать резкого изменения температуры. Если пробы хранятся при охлаждении, их необходимо перед анализом выдержать при комнатной температуре.

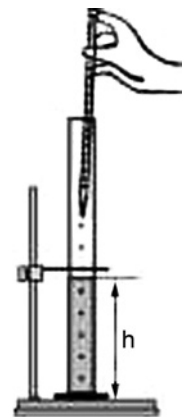
Выполнение определения:

1. Трубку для определения прозрачности закрепите в штативе. Пробу тщательно перемешайте и поместите в трубку. Труб-

ку защитите от бокового света экраном и поместите на ламинированный образец шрифта или юстировочную метку.



2. Прозрачность пробы наблюдайте сверху через открытое отверстие трубки при достаточном освещении от источника, расположенного сверху.
3. Постепенно понижайте уровень пробы, отбирая пипеткой воду до тех пор, пока не станет видимым образец шрифта или юстировочная метка.
4. Определите максимальную высоту жидкости h (мм), при которой различима метка, по делениям на трубке.
5. Полученные данные об измерении высоты жидкости приводите с точностью до 10 мм.



Высота водяного столба, при которой ещё можно прочесть чёрный шрифт, выраженная в миллиметрах и есть количественное значение мутности воды, которое позволяет сделать выводы о её качестве с точки зрения органолептики.

После определения мутности данные необходимо сравнить с существующими в вашей стране нормами. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) по показаниям влияния на здоровье не нормирует мутность питьевой воды, но нормы существуют с точки зрения внешнего вида и для целей обеззараживания. При несоответствии определяемого параметра нормам следующий ваш шаг — проанализировать, о чем это несоответствие может свидетельствовать.

Мутность воды, как и запах, может быть вызвана естественными и антропогенными причинами. Так как в поверхностных водах мутность чаще обусловлена присутствием

фито- и зоопланктона, глинистых или илистых частиц, анализируя полученные данные, помните, что эта величина зависит от времени паводка и меняется в течение года.

Если определено, что мутность имеет антропогенный характер, то стоит начать поиск источника, влияющего на повышение её уровня. Таким источником могут быть сточные воды предприятий или бытовые сточные воды.

§ 4. Цветность

Цветность воды — условно принятая характеристика для описания цвета природной и питьевой воды. Это косвенный показатель количества содержащихся в воде растворённых органических веществ. Она определяется свойствами и структурой дна водоёма, характером водной растительности, рельефом почв, формирующих берега, наличием в водосборном бассейне болот и торфяников и др.

Метод качественного определения цветности

Оборудование: Пробирка стеклянная высотой 15–20 см, лист белой бумаги (в качестве фона).

Выполнение анализа:

1. Заполните пробирку водой до высоты 10–12 см.
2. Определите цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при хорошем боковом освещении. Отметьте наиболее подходящий оттенок из приведенных в таблице «Цветность воды», либо заполните свободную графу в таблице.

Таблица. Цветность воды

Слабо-желтоватая	Коричневатая
Светло-желтоватая	Красно-коричневатая
Желтая	Другая (укажите какая)
Интенсивно-желтая	

Ориентируясь на таблицу в результате анализа, вы получите качественную характеристику цветности воды.

Метод количественного определения цветности

Метод количественного определения цветности воды основан на визуальном сравнении цвета анализируемой воды с искусственной стандартной цветовой шкалой, создаваемой модельными растворами бихромата калия и сульфата кобальта.

Цветность воды определяют в градусах цветности визуально-колориметрическим методом, сравнивая окраску пробы с контрольной шкалой образцов окраски:

0°; 10°; 20°; 30°; 40°; 60°; 100°; 300°; 1000° — в случае модельных эталонных растворов хром-кобальтовой шкалы;

0°; 30°; 100°; 300°; 1000° — в случае пленочной контрольной шкалы.

Объём пробы, необходимой для определения, составляет не менее 12 мл. Продолжительность выполнения определения — не более 5 мин.

Оборудование и реактивы:

Хром-кобальтовая шкала цветности в виде модельных эталонных растворов (9 шт., приготовление см. ниже).

Примечание. Срок годности растворов хром-кобальтовой шкалы — 6 месяцев с момента изготовления.

Воронка лабораторная, пробирка колориметрическая, штатив для пробирок, фильтры «синяя лента».

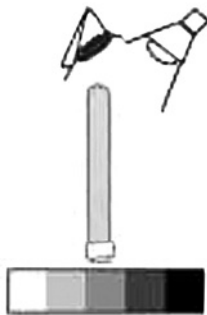
Контрольная плёночная шкала образцов окраски проб для визуального колориметрирования «Цветность».

Отбор проб и подготовка к определению

Пробы следует отбирать в стеклянные бутылки с пробками и проводить анализ не позднее, чем через 6 часов после отбора. При наличии взвешенных частиц пробы отфильтруйте через бумажный фильтр «синяя лента». Первые порции фильтрата отбросьте.

Выполнение анализа:

1. Наполните колориметрическую пробирку анализируемой водой до края, так чтобы образовался выпуклый мениск. Удерживая пробирку рукой в вертикальном положении, закройте её пробкой. Убедитесь, что уплотнительное кольцо хорошо прилегает.
2. Извлеките образцы эталонных растворов из упаковки и расположите их на ровной горизонтальной поверхности на белом фоне пробкой вниз.
3. Пробирку с анализируемой водой переверните пробкой вниз и сравните окраску исследуемого образца со стандартной хром-кобальтовой шкалой цветности или пленочной контрольной шкалой. Наблюдайте за окраской воды сверху, на белом фоне, при достаточном освещении. Для исследуемого образца определите ближайшее по окраске поле пленочной шкалы или образец окраски раствора хром-кобальтовой шкалы и соответствующее ему значение в градусах цветности.



Примечание. Если цвет и оттенок образца воды не соответствуют модельным эталонным образцам хром-кобальтовой шкалы, то эти показатели оцениваются качественно, например, «окраска образца красно-коричневая».

Окраска исследуемого образца, выраженная в градусах цветности, и есть количественное значение мутности воды, которое позволяет сделать выводы о её качестве с точки зрения органолептики.

Приготовление растворов для шкалы цветности

1. Приготовление основного стандартного раствора (раствор № 1). Взвешенные на аналитических весах навески ($0,0875 \pm 0,0010$) г двуххромовокислого калия и ($2,0000 \pm 0,0010$) г сернокислого кобальта помещают в мерную колбу вместимостью 500 мл, добавляют пипеткой 1,0 мл концентрированной серной кислоты, растворяют в дистиллированной воде и доводят до метки. Раствор соответствует 1000° цветности.
2. Приготовление раствора серной кислоты (раствор № 2). 1,0 мл концентрированной серной кислоты плотностью $1,84 \text{ г/см}^3$ с помощью пипетки помещают в мерную колбу вместимостью 1000 мл и доводят до метки дистиллированной водой.
3. Для приготовления шкалы цветности используют набор цилиндров Несслера вместимостью 50 мл. Шкалу эталонных растворов для определения цветности нужно подготовить по алгоритму, приведенному в тексте методики, а также в таблице для определения цветности. Эталонные растворы цветности стабильны в течение 6 месяцев.

Определение цветности воды количественным методом позволяет сравнить полученный результат с нормативами и сделать соответствующие выводы. Предельно допустимая концентрация (ПДК) может отличаться для вод разного назначения.

Высокая цветность является тревожным признаком и говорит о плохом качестве воды. Важно выяснить причину цветности. Например, жёлтый или желтовато-бурый цвет воды говорит о наличии соединений железа и гу-

Алгоритм приготовления шкалы эталонных растворов для определения цветности

Наименование раствора и порядок его использования	Количество раствора, мл								
	Номер эталонного раствора (пробы)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основной стандартный раствор с цветностью 1000° (раствор № 1)	–	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	15,0	50,0
Раствор серной кислоты (раствор № 2)	Довести объём в каждом цилиндре до 50 мл								
Градусы цветности	0	10	20	30	40	60	100	300	1000

мусовых веществ, которые образуются при перегнивании растительности. Таким образом, окраска воды не всегда указывает на источник антропогенного загрязнения.

Высокая цветность воды ухудшает её органолептические свойства и плохо влия-

ет на развитие водных растений и животных из-за резкого снижения концентрации растворённого кислорода в воде, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Методы биоиндикации

Биоиндикация — это метод определения состояния среды по наличию или отсутствию в ней тех или иных организмов, которые называют индикаторами. Данные о качестве воды, полученные при помощи биологических методов, можно соотнести с официально принятыми показателями: классами качества воды, уровнями сапробности. Сапробность — комплекс физиолого-биохимических свойств организма, обуславливающий его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ, то есть с той или иной степенью загрязнения. Такой анализ позволяет нам сравнивать данные, которые получают при помощи приборных и биологических методов.

§ 1. Водные растения макрофиты

Макрофиты как биоиндикаторы

Макрофиты — это водные фотосинтезирующие растения. Они являются достаточно чувствительными индикаторами состояний природной среды их обитания. Выработанные у них в процессе адаптационной эволюции признаки достаточно чётко индицируют химический и органический состав воды.

Макрофиты являются удобной для использования характеристикой гидробиоценозов — биологических систем, включающих популяции разных видов растений, животных, микроорганизмов, которые населяют определённый участок водного объекта. Также макрофиты могут быть мощным фактором средообразования, что служит доступным показателем ряда параметров состояния водоёмов и происходящих в них процессов. Исследования макрофитоценозов дают возможность достаточно быстро оценить степень антропогенного воздействия на них и на состояние экосистем.

Чрезмерное развитие водной растительности неблагоприятно для водоёма и может быть причиной вторичного загрязнения. Разложение отмерших растительных остатков требует значительного количества растворённого в воде кислорода и может вызывать замор рыб.

Особенности развития макрофитов могут свидетельствовать об изменениях среды под воздействием антропогенного фактора, то есть человеческой деятельности. Так, массовое развитие видов семейства Рясковых (*Lemnaceae*) указывает на неблагоприятные условия в озёрной экосистеме. Обилие Ряски трёхдольной (*L. trisulca*) говорит о богатстве биогенными веществами водной среды. Большое количество Ряски малой (*L. minor*) и Многокоренника обыкновенного (*S. polyrrhiza*) может свидетельствовать об эвтрофировании водоёма, то есть его насыщении биогенными веществами, и о промышленном или сельскохозяйственном загрязнении. Массовое развитие Телореза алоэвидного (*Stratiotes aloides*) ведёт к заболачиванию водоёма. В местах интенсивного поступления промышленных стоков происходит гибель растительных сообществ.

Показателями эвтрофирования водоёмов, происходящего под влиянием антропогенных факторов, являются: Аир (*Acorus calamus*), Роголистник погружённый (*Ceratophyllum demersum*), Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*), Рогоз широколистный (*Typha latifolia*) и многие другие виды. Участки не подвергаются антропогенному эвтрофированию, если там растёт Роголистник полупогружённый (*Ceratophyllum submersum*). Показатель водоёмов, характеризующихся относительно чистой водой, — Рдест альпийский (*Patamogeton alpinus*), Рдест волосовидный (*P. trichoides*).

При индикации трофности водной среды с помощью отдельных видов растений могут быть использованы признаки жизненного состояния растений (развитие нормальное, выше или ниже нормального) и общий облик растений.

§ 2. Альгоиндикация

Несложным и довольно информативным методом является альгоиндикация — исследование качества воды по состоянию водорослей. Водоросли быстрее других водных организмов реагируют на загрязнения. Наличие или отсутствие водорослей на мелководье у берега реки видно при первичном обследовании. Для оценки используются водоросли трёх экологических групп: фитопланктон, фитобентос и перифитон. Оценивается видовое разнообразие и обилие отдельных видов. Популярен метод, основанный на учёте относительного обилия видов-индикаторов сапробности*. В качестве примера приведем расчёт Индекса сапробности Пантле и Букка.

Индекс сапробности Пантле и Букка вычисляется по формуле**:

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h}$$

где S — индивидуальная сапробность каждого вида, h — численность вида или относительная частота встречаемости, выраженная в баллах от 1 до 5 (случайные находки — 1, частая встречаемость 3, массовое развитие — 5).

Таким образом, сам индекс — это среднее значение сапробности всех найденных видов, с учётом их обилия. Была принята следующая числовая шкала для сапробности (как организмов, так и водоёмов): олигосапробы — 1, β-мезосапробы — 2, α-мезосапробы — 3, и полисапробы — 4. Посчитав среднее значение сапробности всех найденных видов, мож-

* Сапробность — комплекс физиолого-биохимических свойств организма, обуславливающий его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ, то есть с той или иной степенью загрязнения

** Мусатова О.В. Биоиндикация и биоповреждения: курс лекций. — Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2005. — 83 с.

но определить сапробность всего водоёма. Это позволит сделать выводы об уровне его загрязнения.

В полисапробной зоне наблюдается дефицит кислорода, в воде содержится значительное количество нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного распада. Также наблюдается обилие инфузорий и бактерий, видов водорослей немного: это хлорелла, политома и некоторые виды хламидомонад. При этом численность водорослей может быть высокой.

В мезосапробной зоне видовое разнообразие водорослей большое. Наличие мезосапробов говорит о существовании очагов загрязнения в относительно чистых водоёмах, например, у сбросов очищенных вод городской канализации. Типичные мезосапробы — энтороморфа, монарафидиум, стигеоклоним тонкий, осциллятория короткая, осциллятория выдающаяся, нитцшия игловидная, хламидомонас, циклотелла менегини, гониум некторальный, кластериум игольчатый и другие. В планктоне преобладают многие диатомеи, в составе бентоса и перифитона — кладофора, спиругира, зигнема, микроцистис.

В олигосапробной зоне водоросли разнообразны, но численность их невелика. Олигосапробы встречаются преимущественно в чистых родниках, в мочажинах на верховых болотах, в речных ручейках. Олигосапробные водоросли: микростериас, космариум, синура.

§ 3. Биоиндикация по беспозвоночным. Методы Майера и Вудивисса

Другой распространённый способ оценки качества воды в текущих водах основан на изучении донных беспозвоночных — **макрозообентоса**. Большинство донных беспозвоночных сравнительно крупны, видны невооруженным взглядом, малоподвижны, и поэтому их легко собирать сачком. Из-за малоподвижного образа жизни они не могут избежать влияния попавших в воду загрязняющих веществ. Это позволяет говорить о том, что состояние бентосных организмов лучше отражает качество воды в исследуемой речке. К тому же многие виды донных животных проводят в воде большую часть своего жиз-

ненного цикла, таким образом, на состояние сообществ бентоса влияет не только качество воды в данный момент, но и в прошлом.

Ниже приведены два широко используемых специалистами метода биологической оценки качества воды — **метод Майера** и **метод Вудивисса***.

Оборудование для отбора проб:

Для работы на небольшой глубине можно применять просто круглую ёмкость, металлическую или пластиковую, с диаметром дна не менее 10–12 см. Ёмкость на дне должна иметь несколько небольших отверстий для прохода воды. Такую банку, слегка покручивая, нужно «завинтить» в дно, а потом перевернуть и вынуть вместе с грунтом.

Для сбора бентоса можно использовать и плотный сачок. Диаметр входного отверстия сачка должен быть не менее 25–30 см, а длина матерчатого конуса — в 2,5 раза больше. Для изготовления сачка удобно использовать синтетическую ткань с мелкой ячейкой. Место крепления матерчатого конуса к обручу рекомендуется обшить полоской плотной ткани (брезентом) — это продлит срок его службы. Сачок надёжно насаживается на рукоятку длиной 1,5–2 м. После работы в водоёме его обязательно надо хорошо просушить.

Для промывки проб грунта необходимо иметь специальное сито. Лучше всего использовать специальные зерновые или почвенные сита. Если таких нет, то можно использовать дуршлаг или обычное сито.

Отбор проб:

Пробы следует отбирать в средних по всем параметрам участках водоёма; при возможности «облавливать» оба берега. На стоячем водоёме наиболее показательны будут пробы, взятые на прибрежных участках. Постарайтесь избегать слишком густых зарослей рогоза, тростника и прочих водных растений: там вода обычно чище, чем в остальном водоёме, и ваша оценка может оказаться завышенной. На реке или ручье лучше брать пробы на перекатах или на прибрежных участках с не слишком быстрым течением.

Сачок или скребок ставят на дно и проводят им несколько раз в обе стороны, охватывая как можно большее пространство и соскребая верхнюю часть грунта. Можно также расположить скребок ниже по течению и ворошить грунт ногой, улавливая скребком все организмы, которые сносятся течением вниз. Набрав достаточное количество грунта, орудие лова вытаскивают и промывают в том же водоёме, пока вода не станет прозрачной. Крупные камни, а также прибрежные растения тоже надо вытащить и внимательно осмотреть. Все замеченные организмы смываются в сачок. Грунт из банки нужно поместить в сито с мелкими отверстиями не более 1 мм, и тоже промыть.

В связи с тем, что условия на дне неоднородные и могут сильно отличаться даже на соседних участках, необходимо обязательно отобрать несколько проб на каждой станции — участке водоёма, на котором отбираются пробы. Если водоём относительно небольшой, достаточно 5 на каждую станцию. Все пробы, взятые на станции, анализируются как одна.

Разбор проб:

После того, как организмы пойманы, производится их определение. Для этого необходимо внимательно рассмотреть весь улов. Вам понадобится лупа, а лучше две: 3-х и 7–10 кратные. Замеченных животных пинцетом вынимают из кюветы и сажают в небольшие ёмкости с водой: чашки Петри или баночки из-под лекарств. Разные животные (пиявки, двусторчатые моллюски, личинки насекомых) посадите в разные баночки. Так их легче сосчитать и труднее потерять что-либо из улова. Особенно важно отсадить отдельно крупных животных вроде моллюсков и хищников, так как они могут раздавить или съесть своих соседей. Для ловли мелких животных можно использовать пипетку, а быстро плавающих удобно отлавливать при помощи чайной ложки.

Когда все организмы будут размещены по банкам, можно приступать к определению их видовой принадлежности.

Если нет возможности сразу подробно рассмотреть пойманных животных, улов можно сохранить в литровой банке с водой, не закрывая её плотной крышкой. Учтите, что выловленные животные могут погибнуть, особенно

* Матюкас К. Определение качества воды по донным животным. — Утяна, Литва: ЗАО «Утянос Индра», Клайпеда, 2005. — 90 с.

быстро это происходит в тёплую погоду. После идентификации организмов необходимо выпустить их в естественную среду обитания.

Метод Майера

Методика подходит для любых типов водоёмов. Определение качества воды водоёма по методу Ф. Майера не требует определения живых организмов с точностью до вида и подходит для любого типа водоёмов. Метод использует характерность различных групп водных беспозвоночных к водоёмам с определённым уровнем загрязнённости. Организмы-индикаторы отнесены к одному из трёх разделов:

Обитатели чистых вод	Организмы средней степени чувствительности	Обитатели загрязнённых водоёмов
Личинки веснянок	Бокоплав Речной рак	Личинки комаров-звонцов
Личинки подёнок	Личинки стрекоз	Пиявки
Личинки ручейников	Личинки комаров-долгоножек	Водяной ослик
Личинки вислокрылок	Моллюски-катушки	Прудовики
Двустворчатые моллюски	Моллюски-живородки	Личинки мошки
		Малощетинковые черви

Нужно отметить, какие из приведённых в таблице индикаторных групп обнаружены в пробах. Количество обнаруженных групп из первого раздела таблицы необходимо умножить на 3, количество групп из второго раздела — на 2, а из третьего — на 1. Получившиеся цифры складывают. Значение суммы и характеризует степень загрязнённости водоёма.

Если сумма более 22, водоём чистый и относится к 1 классу качества. Значения суммы от 17 до 21 говорят о втором классе качества, как и в первом случае, такой водоём будет охарактеризован как олигосапробный. От 11 до 16 баллов — 3 класс качества с умеренной загрязненностью (бета-мезосапробная зона). Все значения меньше 11 характеризуют водоём как грязный, альфа-мезосапробный или же полисапробный. Это 4–7 классы качества*.

* Малым рекам — нашу заботу: практическое пособие для школьных экологических клубов / под ред. В.Н. Зуева. — Минск: Медисонт, 2014. — 120с.

Простота и универсальность метода Майера дают возможность быстро оценить состояние исследуемого водоёма. Точность метода невысока, но если проводить исследования качества воды регулярно в течение какого-то времени и сравнивать полученные результаты, можно понять, в какую сторону изменяется состояние водоёма.

Метод Вудивиса

Метод Вудивиса (метод биотического индекса) — один из наиболее надёжных и широко используемых в мире методов биологической оценки воды.

Индекс используется только для исследования рек умеренного пояса и дает оценку их состояния по пятнадцатибальной шкале.

Индекс Вудивисса учитывает сразу два параметра бентосного сообщества: общее разнообразие беспозвоночных и наличие в водоёме организмов, принадлежащих к «индикаторным» группам. В эти группы объединены животные, характеризующиеся определенной степенью сапробности. При повышении степени загрязнённости водоёма представители этих групп исчезают из него примерно в том порядке, в каком они приведены в таблице «Биотический индекс Вудивисса».

Для оценки состояния водоёма по методу Вудивисса нужно:

1. Выяснить, какие индикаторные группы имеются в исследуемом водоёме. Поиск начинают с наиболее чувствительных к загрязнению индикаторных групп: веснянок, затем подёнок, ручейников и т. д. Именно в таком порядке индикаторные группы расположены в таблице. Если в исследуемом водоёме имеются личинки веснянок (Plecoptera), самых «чутких» организмов, то дальнейшая работа ведётся по первой или второй строке таблицы. По первой — если найдено несколько видов веснянок, и по второй — если найден только один.

Если нимф веснянок в пробах нет, ищем в них личинок подёнок (Ephemeroptera) — это следующая по чувствительности индикаторная группа. Если они найдены, работаем с третьей или четвертой строкой

таблицы. При отсутствии нимф подёнок обращаем внимание на наличие личинок ручейников (Trichoptera) и т. д.

2. Оценить общее разнообразие бентосных организмов. Методика Вудивисса не требует определения всех пойманных животных с точностью до вида, это бывает трудно сделать даже профессионалу. Достаточно определить количество обнаруженных в пробах групп бентосных организмов. За «группу» принимается:

- любой вид плоских червей, моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей;
- любой вид веснянок, сетчатокрылых, жуков, любой вид личинок других летающих насекомых;
- класс малощетинковые черви;
- любой род подёнок кроме *Baetis rhodani*;
- любое семейство ручейников;
- семейство комаров-звонцов (личинки) кроме вида *Chironomus* sp.;
- *Chironomus* sp.;

- личинки мошки (семейство Simuliidae);
- каждый известный вид личинок других летающих насекомых.

Определив количество обнаруженных в пробе групп, необходимо найти соответствующий столбец таблицы.

3. На перекрестке найденных столбца и строки в таблице найти значение индекса Вудивисса, характеризующее исследуемый водоём.

Если водоём получает от 0 до 2 баллов, он сильно загрязнен, относится к полисапробной зоне, водное сообщество находится в сильно угнетённом состоянии. Оценка 3–5 баллов говорит о средней степени загрязнённости, альфамезосапробная зона, а 6–7 баллов — о незначительном загрязнении водоёма, бета-мезосапробный уровень. Чистые, олигосапробные реки обычно получают оценку 8–10 баллов, а особенно богатые водными обитателями участки могут быть оценены и более высокими значениями индекса.

Таблица. Биотический индекс Вудивисса

Часто наблюдаемая последовательность исчезновения организмов из биоценозов по мере увеличения степени загрязнения	Группы организмов	Присутствие или отсутствие вида	Биотический индекс при общем количестве присутствующих групп					
			0–1	2–5	6–10	11–15	16–20	20...
			Личинки веснянок	Больше 1 вида	–	7	8	9
	1 вид		6	7	8	9	10–...	
Личинки подёнок (Ephemeroptera) кроме вида <i>Baetis rhodani</i>	Больше 1 вида	–	6	7	8	9	10–...	
	1 вид		5	6	7	8	9–...	
Личинки ручейников (Trichoptera)	Больше 1 вида	–	5	6	7	8	9–...	
	1 вид	4	4	5	6	7	8–...	
Бокоплавы		3	4	5	6	7	8–...	
Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)		2	3	4	5	6	7–...	
Олигохеты или личинки звонцов		1	2	3	4	5	6–...	
Отсутствуют все приведенные выше группы		0	1	2	–	–	–	

§ 3. Определители

Определитель водных растений (цветная вкладка)

Определитель пресноводных беспозвоночных*

Основная задача определения любого организма сводится к выяснению его правильного научного названия и установлению его положения в общей системе организмов. При этом каждый организм должен быть отнесен к какому-то виду, этот вид к определённому роду, род — к семейству, семейство — к отряду, отряд — к классу, класс — к типу. Однако в данном определителе мы решили отказаться от зоологической строгости, которая пошла бы в ущерб простоте и доступности. Наш определитель позволит вам найти то название, употребление которого будет наиболее корректным.

Поймав и тщательно рассмотрев организм, вы можете обратиться к вводной таблице. Здесь необходимо выбрать, к какой группе форм (губки, черви, моллюски и т. д.) относится ваш объект. Затем можно переходить к соответствующей определительной таблице. Отыщите рисунок, на который пойманный объект наиболее похож. Важные признаки описаны и помечены стрелками. В качестве названия для животного мы предлагаем те названия, которые выделены курсивом.

Многие близкородственные виды плохо различимы и правильно определить их могут только специалисты. В данном определителе представлены только наиболее частые и сравнительно легко определяемые виды. Поэтому весьма вероятно, что обнаруженный вами организм не будет похож ни на один рисунок, к нему не будет подходить ни одно описание. В этом случае в качестве названий лучше употреблять выделенные курсивом названия семейств, отрядов или классов, которые также приводятся в таблицах. Например, вы поймали червеобразный организм (таблица III), который по форме тела, наличию присосок и способу движения крайне похож на пиявку, однако он не похож ни на один из рисунков, представленных в данной таблице, и у него отсутствуют отмеченные признаки. В этом случае вы можете назвать его пиявкой, и это название будет вполне правильным. Чтобы узнать, какую именно пиявку вы поймали, обратитесь к более подробному, профессиональному определителю или к специалисту.

Определители для альгоиндикации. **Виды водорослей** (цветная вкладка)

* Полевой определитель пресноводных беспозвоночных. — М., 2006. — 16 с. Материал подготовлен Всемирным фондом дикой природы.

Вводная таблица




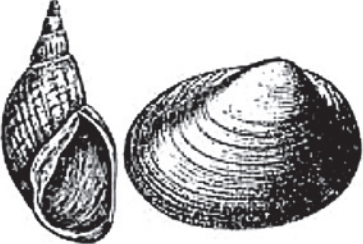


Описание организма	Внешний вид	Таблица
Бесформенные мягкие образования, напоминающие куски поролона зеленоватого цвета. Организмы прикреплены к подводным предметам.		I Губки (Таблица 1)
Мелкие организмы, прикрепленные к подводным предметам, снабженные щупальцами (смотреть под лупой). Животные одиночные (до 1 см) или колониальные, состоящие из большого числа связанных друг с другом одинаковых особей.		II Кишечно-полостные и мшанки (Таблица 2)
Тело животного вытянутое, червеобразное, круглое или плоское. Животное не имеет явно выраженных членистых конечностей.		III-а Планарии, Пиявки, Олигохеты, Волосатики (Таблица 3-а) III-б Личинки двукрылых (Таблица 3-б)
Тело заключено в спиральную, колпачковую или двустворчатую раковину, организм ползает по дну. Конечностей нет.		IV-а Улитки (Таблица 4-а) IV-б Ракушки (Таблица 4-б)
Тело животного заключено в раковинку, из которой торчат конечности. Животное бежит по дну или плавает в толще воды. Животные очень мелкие (не крупнее 1 см).		V Ракушковые раки и дафнии (Таблица 5)
Организм обладает явно выраженными членистыми конечностями и членистым телом.		VI Прочие членистоногие (Таблица 6) VI-а Паукообразные и ракообразные (Таблица 6-а) VI-б Насекомые (Таблица 6-б)

Таблица 1



т. Губки (*Spongia*)
сем. Бадяги (*Spongillidae*)



На поверхности муфты или пальчатого нароста на подводных предметах нет отверстий, через которые высовываются щупальца

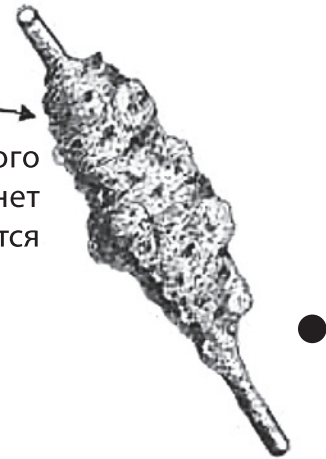
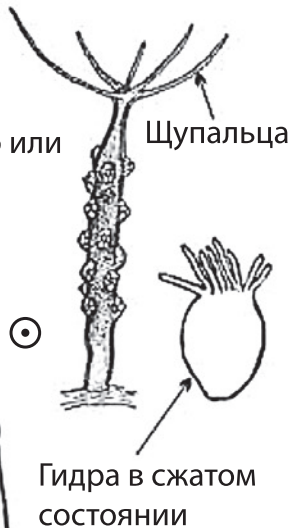


Таблица 2

т. Кишечнополостные (*Coelenterata*)
сем. Гидры (*Hydridae*)



Одиночный полип. Тело голое, белого или зеленоватого цвета



т. Мшанки (*Bryozoa*)
кл. *Phylactolaemata*



Колония в виде муфты или стелящихся ветвящихся трубочек



На поверхности колонии есть отверстия, через которые могут высовываться щупальца



Пиктограммы и обозначения использованные в определителе



– Смотреть при увеличении



– Мелкие животные (до 5 мм)



– Животные средних размеров (5 мм – 4 см)



– Крупные животные (более 4 см)



– Животное может укусить



– Несколько видов (могут быть разные варианты внешнего вида)

Внимание!

Описания альтернативных признаков подчеркнуты.



Таблица 3-а

т. Плоские черви (Plathelminthes)
 кл. **Планарии (Turbellaria)**



Животные с упрощённым телом. Плавно скользят по дну. У большинства окраска от темно бурой до чёрной

Один единственный вид имеет белую окраску.
Молочно-белая планария
Dendrocoelum lacteum



Просвечивающий кишечник

т. Кольчатые черви (Annelida)
 кл. **Пиявки (Hirudinea)**

Есть ротовая и анальная присоски



Червь двигается «шагая», попеременно присасываясь передней или задней присосками, или плавает, волнообразно изгибаясь в спинно-брюшном направлении

Рыбья пиявка
(Piscicola geometra)



присоски шире тонкого тела

Схема движения рыбьей пиявки



Малая ложноконская пиявка
(Erpobdella sp.)

● Поперечные светлые полосы



Улитковая пиявка
(Glossiphonia complanata)

Тело уплощенное, листовидное, со светлым точечно-полосатым рисунком



Большая ложноконская пиявка
(Haemoris sanguisuga)

● Брюхо светлое
 Спина тёмная от темно-серого до чёрного цвета



т. Кольчатые черви (Annelida)
 кл. **Малощетинковые кольчецы (Oligochaeta)**

Тело отчетливое членистое. Обычно живут, зарывшись передним кольцом в ил



● В передней части тела у некоторых особей видно утолщение – поясok

т. Головохоботные (Cephalorhyncha)
 кл. **Волосатики (Gordiacea)**

Тело нечленистое, тонкое, длинное. Животные плавают медленно, извиваясь всем телом. Иногда формируют клубки



Внимание! Если червеобразное животное не похоже ни на одно из приведенных выше, см. Таблицу 3-б

Таблица 3-в

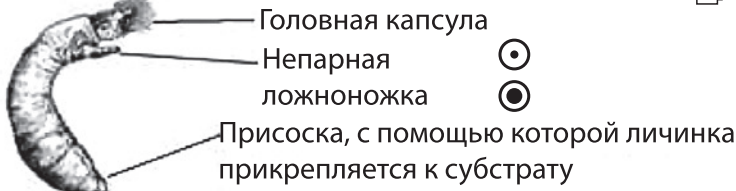
т. Членистоногие (Arthropoda)
 кл. Насекомые (Insecta)
 отр. *Двукрылые (Diptera)*

Головная капсула хорошо развита.

Она не втягивается внутрь.

Личинки комаров и мошек

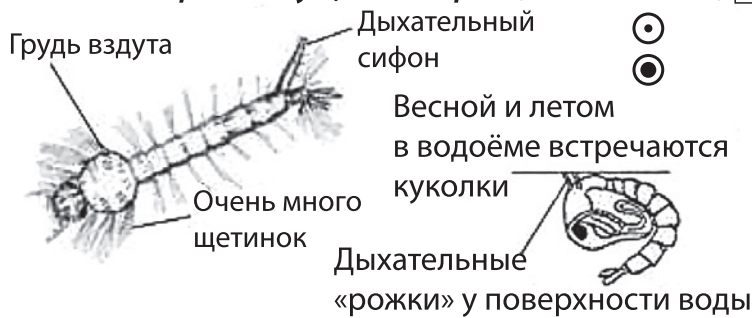
Личинки мошек (сем. *Simuliidae*)



Личинки перистоусых комаров (сем. *Chaoboridae*)
 Личинки прозрачные

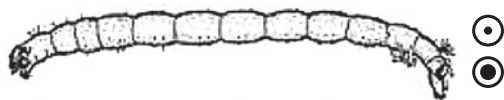


Личинки кровососущих комаров (сем. *Culicidae*)

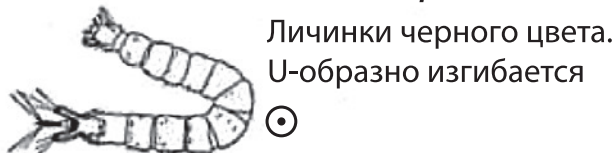


Личинки комаров звонцов, или мотыль (сем. *Chironomidae*)

Животные зеленоватого или красного цвета



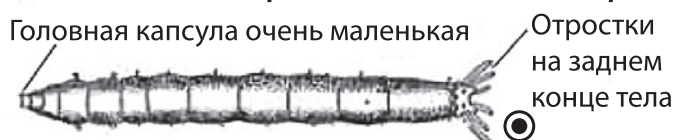
Личинки земноводных комариков (сем. *Dixidae*)



Личинки лириопид (сем. *Lyriopidae*)



Личинки комаров долгоножек (сем. *Tipulidae*)



Обособленной головы нет.

Она втянута внутрь тела

Личинки мух

Личинки львинок (сем. *Stratiomyidae*)

Тело веретеновидное

На заднем конце тела венчик щетинок, с помощью которых личинка прикрепляется к поверхности воды



Личинки слепней (сем. *Tabanidae*)

Передний и задний концы тела заострены

Бугорки покрытые шипиками



Личинки журчалок (сем. *Syrphidae*)
Крыска (*Eristalis*)

Тело толстое, мягкое

Ложные ножки

Длинная дыхательная трубка



Таблица 4-а

т. Моллюски (Mollusca)
 кл. Брюхоногие, или улитки (*Gastropoda*)

Раковина колпачковидная




● Раковина в основании круглая
Речная чашечка (*Ancylus fluviatilis*)

● Раковина в основании вытянутая
Озерная чашечка (*Acroloxus sp.*)

Раковина плоскоспиральная



Катушки (сем. Planorbidae, сем. Bulinidae)



● **Катушка роговая** (*Planorbarius corneus*)
 Раковина крупная, массивная (4–5 оборотов), темно коричневого цвета. Киль нет

Раковина небольшая (4–7 оборотов). На последнем обороте раковины может быть складочка — киль



● Несколько трудно различимых видов
Катушки (сем. *Planorbidae*)

Раковина коническиспиральная

Устье раковины смотрит влево



● Раковина веретеновидная с темно-коричневой блестящей поверхностью
Аплекска (*Applexa sp.*)




● Раковина округлая, светло-коричневая, с блестящей поверхностью
Пузырчатая улитка (*Physa sp.*)

Устье раковины смотрит вправо

Устье раковины не закрыто крышечкой

Прудовики (*Lymnaea sp.*)

Наиболее частые виды:



● Раковина крупная, тонкостенная. Высота завитка равна или немного больше высоты устья
Обыкновенный прудовик (*Lymnaea stagnalis*)

Устье раковины закрыто крышечкой

Раковина массивная



● Темные полосы
Лужанка (*Viviparus sp.*)

Раковина некрупная, устье яйцевидное или овальное




● **Битиния** (*Bithynia sp.*)

Раковина мелкая, устье крупное




● **Затворка** (*Valvata sp.*)

● Завиток маленький, не возвышается над краем устья. Устье в виде очень широкого раструба




Прудовик ушковый (*Lymnaea auricularia*)

● Завиток маленький, едва возвышается над краем устья. Устье в виде широкого раструба



Прудовик овальный (*Lymnaea ovata*)

Устье в виде раструба



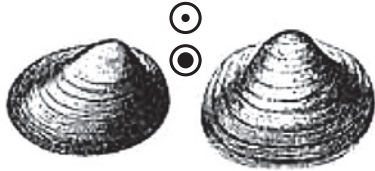
● **Теодоксус** (*Theodoxus sp.*)

Таблица 4-б

т. Моллюски (Mollusca)

кл. *Двустворчатые*, или *ракушки (Bivalvia)*

Мелкие формы
Раковины округлые
(иногда почти шаровидные)



Горошинки и шаровики
(сем. *Pisidiidae*)



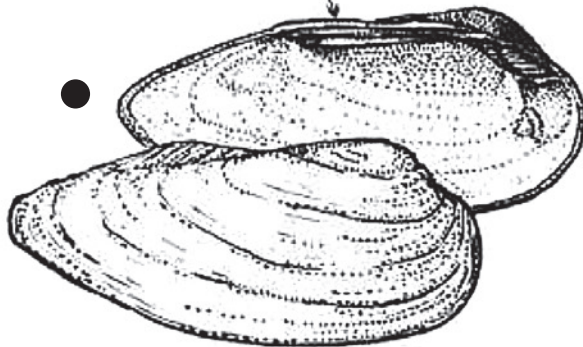
Крупные формы

Раковина клиновидная (треугольная).
Живые моллюски обычно прикреплены
к подводным предметам нитями биссуса



Дрейссена (Dreissena polymorpha)

На вскрытой раковине видны
выступы, зубья и впадины
(замок)



Перловица
(р. *Unio*, р. *Crassiana*)



Замок отсутствует
На раковине
снаружи виден
крупный «горб»

Сем *Униониды*
(*Unionidae*)



Беззубка
(р. *Anodonta*, р. *Pseudanodonta*)



Таблица 5

Животные, обладающие двустворчатой раковиной, но имеющие конечности,
с помощью которых бегают по дну или плавают в толще воды

т. Членистоногие (Arthropoda)

кл. *Ракообразные (Crustacea)*

Животные бегают по дну.
Конечности едва высовываются
из раковины

отр. *Ракушковые раки (Ostracoda)*



Животные плавают в толще воды.
На переднем конце тела видна пара
ветвистых конечностей, которыми
животное совершает гребные взмахи

отр. *Ветвистоусые (Cladocera)*



Единственный
глаз

Наиболее
часто встречается
Дафния (сем. *Daphniidae*)

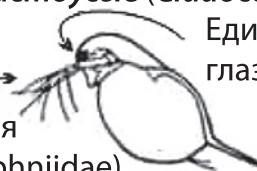


Таблица 6

т. Членистоногие (Arthropoda)

Ходных ног более 3 пар

Ходных ног 3 пары



Таблица 6-а

Ракообразные и паукообразные

Таблица 6-б

Насекомые

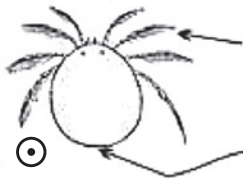
Таблица 6-а

т. Членистоногие (Arthropoda), Паукообразные и ракообразные

Ходных ног 4 пары

кл. **Паукообразные (Arachnida)**

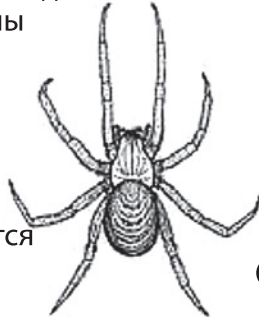
Водяные клещи (Hydracarina)



Мелкие организмы имеют 4 пары плавательных ног, тело не разделено на отделы

Серебрянка (Argyroneta aquatica)

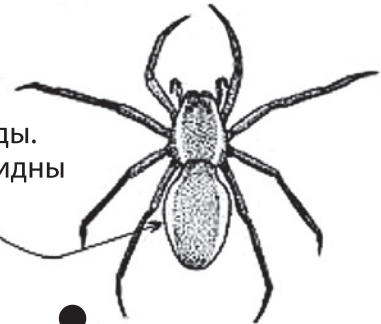
Брюшко мохнатое, серого цвета. Когда паук ныряет, брюшко окружается серебристым пузырьком воздуха.



Доломедес (Dolomedes sp.)



Крупные пауки могут бегать по поверхности воды. По бокам тела видны светлые полосы



Ходных ног более 4 пар

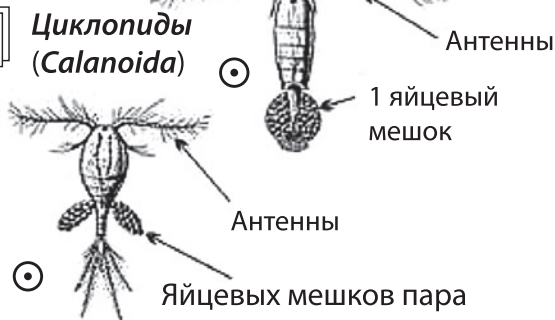
кл. **Ракообразные (Crustacea)**

Животные мелкие

отр. **Веслоногие (Copepoda)**



Каляниды (Calanoida)



Циклопиды (Calanoida)



отр. **Жаброноги (Anostraca)**

Длинное брюшко

Встречаются весной в лужах и старицах, плавают в толще воды



Множество плавательных ножек

Животные крупные

отр. **Разноногие (Amphipoda)**

Бокоплав (Gammaridae)



отр. **Равноногие (Isopoda)**

Водяной ослик (Asellus aquaticus)



Раздвоенный хвостовой придаток

отр. **Щитни (Notostraca)**

Щитень (Lepidurus apus)



отр. **Десятиногие (Decapoda)**

Речной рак (Astacus sp.)



Таблица 6-b

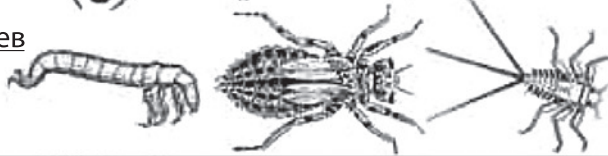
т. Членистоногие (Arthropoda)
кл. *Насекомые (Insecta)*

Насекомое с хорошо развитыми крыльями



Взрослые насекомые
Таблица 6-b-1

Насекомое без крыльев или с зачаточными крыльями



Личинки насекомых
Таблица 6-b-2

Таблица 6-b-1 Взрослые насекомые



Шитка нет или он маленький
Надкрылья целиком жесткие

отр.* Жуки (*Coleoptera*)



Вторая и третья пары ног короткие

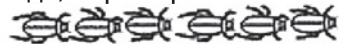
Ветрячка (*Gyrinus sp.*)



Жук бегают по поверхности воды

сем. *Водолюбы (Hydrophilidae)*

Жуки двигаются в воде, перебирая всеми шестью ногами



В воде тело снизу окружено воздухом (серебристое)

Большой водолюб (*Hydrous sp.*)



Малый водолюб (*Hydrophilus sp.*)



Длина тела не менее 4 см



Длина тела 13-18 мм

Внимание! Все остальные водолюбы значительно мельче!

сем. *Плавунцы (Dytiscidae)*

Жуки плавают, делая синхронный гребок задней парой ног



Плавунец окаймленный (*Dytiscus marginalis*)



Крупные жуки с жёлтой полосой по краю тела



Полоскун (*Acilius sp.*)

Трапециевидный рисунок на передней груди

* Для определения жуков размером менее 1 см необходимо использовать профессиональные определители

Имеется крупный треугольный щиток
Надкрылья на концах мягкие

отр. *Клопы (Hemiptera)*



Водяной скорпион (*Perla cinerea*)

Водомерки (сем. *Gerridae*)

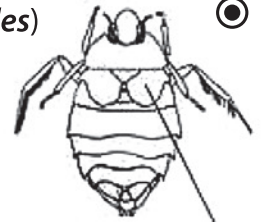


Длинные тонкие ноги

Плавт (*Iliocorys cimicoides*)

Дыхательная трубка

Афелохирус (*Aphelocheirus sp.*)



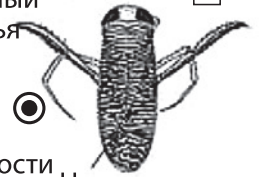
Гладыш (*Notonecta glauca*)

Надкрылья очень маленькие



сем. *Гребляки (Corixidae)*

Щиток тёмный, однотонный надкрылья светлые
Гладыш у поверхности воды



Надкрылья тёмные с рисунком в виде пятен или полос

Таблица 6-b-2 Личинки насекомых

Личинки стрекоз, подёнок, веснянок, жуков и вислокрылок

Личинки стрекоз (отр. *Odonata*)
Нижняя губа превращена в маску



Голова личинки стрекозы
(вид снизу)

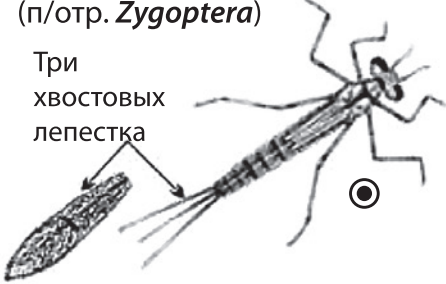
Тело изящное

Тело массивное без хвостовых лопастей

Личинки равнокрылых стрекоз (п/отр. *Zygoptera*)

Личинки разнокрылых стрекоз (п/отр. *Anisoptera*)

Три хвостовых лепестка



Бабки сем. *Corduliidae*

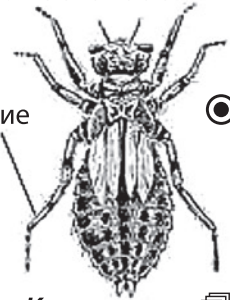
Маска ложковидная

Настоящие стрекозы сем. *Libellulidae*

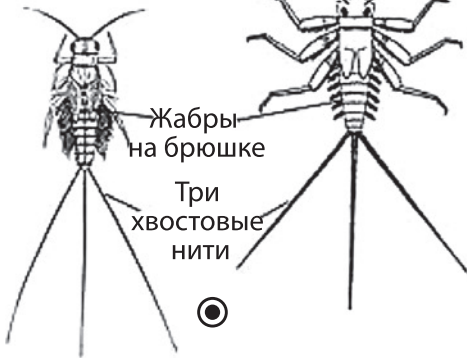


Ноги длинные

Ноги короткие



Личинки подёнок (отр. *Ephemeroptera*)



Жабры на брюшке
Три хвостовые нити

Дедки сем. *Gomphidae*

Маска плоская

Коромысло сем. *Aeschnidae*

Усики толстые

Тело уплощённое, обильно покрытое волосками

Усики тонкие

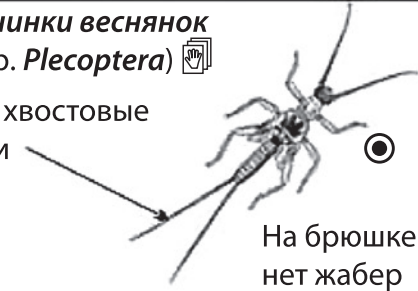
Тело вальковатое



Личинки веснянок (отр. *Plecoptera*)

Две хвостовые нити

На брюшке нет жабер



Личинки жуков (отр. *Coleoptera*)

Личинки вертячки (*Gyrinus sp.*)

Тело узкое

На брюшке не сегментированные жабры



Челюсти серповидные без зубцов

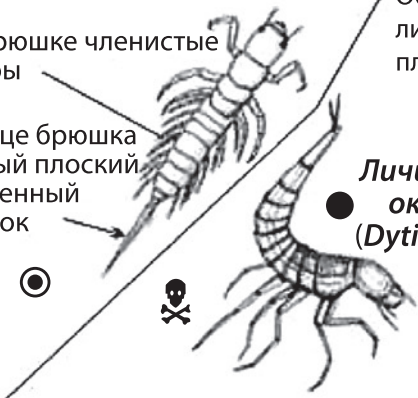
Челюсти с зубцами



Личинки вислокрылок (отр. *Megaloptera*) *Sialis sp.*

На брюшке членистые жабры

На конце брюшка длинный плоский заостренный отросток



Личинки плавунцов (сем. *Dytiscidae*)

Обобщенная схема личинок мелких плавунцов



Личинка плавунца окаймленного (*Dytiscus marginalis*)

Характерная поза в воде



Удлиненная переднегрудь
Личинка полоскуна (*Acylius sp.*)

Личинки водолюбов (сем. *Hydrophilidae*)



Таблица 6-b-2

Личинки насекомых (продолжение)
Личинки ручейников и бабочек

Личинки ручейников
(отр. *Trichoptera*)

Брюшко личинок удлинённое, на его конце имеются видоизменённые ножки с коготками (прицепки), личинки похожи на гусеницу, могут обитать в чехликах

Личинка не строит чехликов
не похожа на гусеницу
п/отр. *Annulipalpia*

Полицетрониды
(сем. *Polycentropidae*)



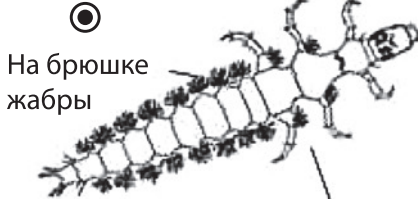
Брюшко стройное, жабры отсутствуют

Гидропсихиды
(сем. *Hydropsychidae*)



На брюшке жабры, личинки не плоские

Риакофилиды
(сем. *Rhyacophilidae*)



На брюшке жабры

Тело уплощённое

Личинки бабочек огнёвок
отр. Бабочки (*Lepidoptera*)

Огнёвки (сем. *Pyralidae*)



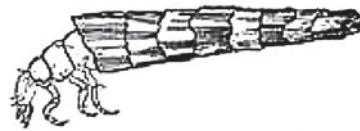
Грудные конечности

Ложные ноги

Кувшинница
(*Nymphula nymphaeata*)



Чехлик плоский состоит из двух кусочков листа кувшинки



Нитевидные жабры

Личинка похожа на гусеницу,
обитает в чехлике
п/отр. *Integripalpia*

Личинка вынута из чехлика



Внимание! Для определения личинок ручейников очень важно иметь их чехлики.

Характерны бугорки на первом сегменте брюшка

Форма и строение чехлика являются важными определительными признаками

Анаболия
(*Anabolia sp.*)



Вдоль чехлика расположены палочки, которые длиннее его

Лимнофилюс
(*Limnephilus sp.*)



Чехлик «мохнатый»

Граммотаулюс
(*Grammotaulius sp.*)



Чехлик из растений похож на подзорную трубу

Лимнофилюс трехгранный
(*Limnephilus decipiens*)

Чехлик в сечении трехгранный

Халесус
(*Halesus sp.*)



Чехлик из песчинок цилиндрический

Задний конец закруглён

Моланиды
(сем. *Molannidae*)



Чехлик песчаный уплощенный

Гоериды
(сем. *Goeridae*)



Чехлик песчаный, по бокам его лежат крупные песчинки

Лептоцериды
(сем. *Leptoceridae*)



Характерное положение личинки в чехлике

Фриганеиды (сем. *Phryganeidae*)



Чехлики крупные, растительные частицы формируют спиральный рисунок

Определитель водных растений



Аир обыкновенный
Acorus calamus



Сусак зонтичный
Butomus umbellatus



Рогоз узколистный
Typha angustifolia



Ряска малая
Lemna minor



Хвощ приречный
Equisetum fluviatile
Фото Christian Fischer



Телорез алоэвидный
Stratiotes aloides
Фото Christian Fischer



Рогоз широколистный
Typha latifolia



Ряска трёхлобая
Lemna trisulca
Фото Christian Fischer



Тростник обыкновенный
Spirodela polyrrhiza leaves



Многокоренник обыкновенный
Spirodela polyrrhiza



Рдест волосовидный
Potamogeton trichoides
Фото Николай Дегтярёв



Рдест плавающий
Potamogeton natans
Фото Christian Fischer

Определители для альгоиндикации. Виды водорослей



Элахиста фикусовая
Elachista fucicola
Фото Gabriele Kothe-Heinrich



Полисифония чернеющая
Polysiphonia nigrescens
Фото Pierre-Louis Crouan



Коккотилиус усеченный
Coccolytus truncatus
Фото Gabriele Kothe-Heinrich



Пилайелла прибрежная
Pilayella littoralis



Гильденбрандия красная
Hildenbrandia rubra
Фото David Fenwick



Фурцеллярия
Furcellaria lumbricalis
Фото anbolnessor.com



Уроспора кисточковидная
Urospora penicilliformis
Фото Linda Kjær-Thomsen



Ульва кишечная
Ulva intestinalis
Фото W. Carter



Ульва прорастающая
Ulva prolifera
Фото M. Lindeberg



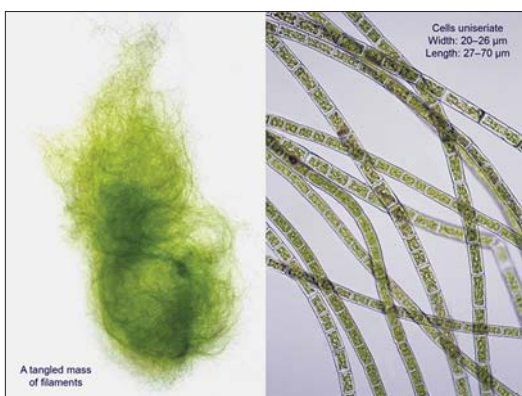
Ульва салатная
Ulva lactuca
Фото H. Krisp



Фукус пузырчатый
Fucus vesiculosus



Стиктиосифон скрученный
Stictyosiphon tortilis



Ризоклониум прибрежный
Rhizoclonium riparium
Фото Bunker, Brodie, Maggs & Bunker



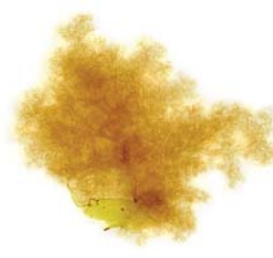
Кладофора сборная
Cladophora glomerata



Церамиум тонкорогий
Ceramiум tenuicorne
Фото Bollner, H. Rfutsky



Кладофора скальная
Cladophora rupestris
Фото Gabriele Kothe-Heinrich



Эктокарпус стручковидный
Ectocarpus siliculosus
Фото Akirapeters

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Наиболее распространены два химических метода исследования качества воды: колориметрический и титриметрический. Для общественных экологических исследований наиболее приемлем визуальный колориметрический метод, наиболее удобно использование тест-полосок. Хотя, если группой наблюдения рек руководит химик, то титриметрический метод даст более точный результат.

Химические методы позволяют определять общие и суммарные показатели качества воды (растворённый кислород, водородный показатель, БПК, ХПК, общий фосфор и др.), содержание биогенных элементов, металлов, органических загрязнителей, например, ПАВ.

Ниже приведено общее описание колориметрического и титриметрического методов*.

Колориметрический метод анализа воды

Колориметрическим (от английского colour — цвет) называется метод анализа, основанный на сравнении качественного и количественного изменения потоков видимого света при их прохождении через исследуемый раствор и раствор сравнения. Определяемый компонент при помощи химико-аналитической реакции переводится в окрашенное соединение, после чего измеряется интенсивность окраски полученного раствора. При измерении интенсивности окраски проб с помощью прибора фотоколориметра метод называется фотоколориметрическим. Соответственно, при измерении интенсивности окраски визуальным способом (например, оценка интенсивности окраски сравнительно с каким-либо образцом) метод называется визуально-колориметрическим.

После обработки и добавления реагентов пробы приобретают окраску. Интенсивность окраски является мерой концентрации анализируемого вещества. При выполнении анализа визуально-колориметрическим методом (рН, железо общее, фторид, нитрат, нитрит, аммоний, сумма металлов) определение проводится в колориметрических пробирках с меткой «5 мл» либо в склянках с меткой «10 мл».

Колориметрические пробирки представляют собой обычные, широко используемые в лабораториях пробирки из бесцветного стекла, имеющие внутренний диаметр $(12,8 \pm 0,4)$ мм. Колориметрические пробирки могут иметь несколько меток («5 мл», «10 мл»), показывающих объём (и, следовательно, высоту), до которого следует наполнить пробирку пробой, чтобы обеспечить удобные и близкие условия для визуального колориметрирования. Обычно колориметрические пробирки стараются подобрать одинаковой формы и диаметра, т. к. от последних зависит высота слоя окрашенного раствора. Аналогично подбираются и склянки для колориметрирования, обычно это аптекарские флаконы диаметром до 25 мм. Наиболее точные результаты при анализе визуальном-колориметрическим методом достигаются, если сравнивать окраску пробы с окраской модельных эталонных растворов. Следует иметь в виду, что возникающие в процессе колориметрических реакций окраски обычно малоустойчивы, поэтому при описании приготовления растворов приводят, при необходимости, и сроки их хранения. Для упрощения визуального колориметрирования при полевых анализах окраску раствора-пробы можно сравнивать не с эталонными растворами, а с нарисованной контрольной шкалой, на которой образцы воспроизводят окраску (цвет и интенсивность) модельных эталонных растворов, приготовленных с соблюдением заданных значений концентрации целевого компонента.

Контрольные шкалы, применяемые при визуальном колориметрировании в составе некоторых тест-комплектов, приведены на цветной вкладке. За результат анализа при визуальном колориметрировании принимают то значение концентрации компонента, которое имеет ближайший по окраске образец контрольной шкалы либо модельного эталонного раствора. Результат анализа представляют в виде:

«близко _____ мг/л».
значение концентрации по шкале

В случаях, когда окраска раствора-пробы в колориметрической пробирке окажется имеющей промежуточную интенсивность между

* Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. — 3-е изд., доп. и перераб. — СПб.: «Крисмас+», 2009. — 220 с.

какими-либо образцами на контрольной шкале, результат анализа записывают в виде:

«от _____ до _____ мг/л».

Если окраска раствора-пробы в колориметрической пробирке окажется интенсивнее крайнего образца на шкале с максимальной концентрацией, проводят разбавление пробы. После повторного колориметрирования вводят поправочный коэффициент для учёта степени разбавления пробы. Результат анализа в этом случае записывают в виде:

«близко _____ мг/л».
значение максимальной концентрации по шкале

При анализах полевыми методами в экспедиционных условиях удобно фотометрировать пробы с помощью полевых колориметров (например, полевой колориметр марки SMART (LaMotte Co., USA). В частности, для таких целей ЗАО «Крисмас+» предоставляет колориметры различных типов, имеющие набор съёмных светофильтров в широком диапазоне длин волн видимого света.

Титриметрический метод анализа воды

При выполнении анализа титриметрическим методом (карбонат, гидрокарбонат, хлорид, кальций, общая жёсткость) определение проводят в склянках или пробирках вместимостью 15–20 мл, имеющих метку 10 мл. В процессе титрования раствор перемешивают стеклянной палочкой либо встряхиванием. При анализе маломинерализованных вод целесообразно применять титрованные растворы с пониженной концентраций (0,02–0,03 моль/л), которые могут быть получены разбавлением более концентрированных титрованных растворов дистиллированной водой. Для удобства работы с пробирками их можно устанавливать в отверстия мутномера либо располагать в штативах.

Требуемые объёмы растворов при титровании отмеряют с помощью бюреток, мерных пипеток или более простых дозирующих устройств: шприцев, калиброванных капельниц и др. Наиболее удобны для титрования бюретки с краном.

Для удобства заполнения мерных пипеток растворами и титрования их герметично соединяют с резиновой грушей, используя

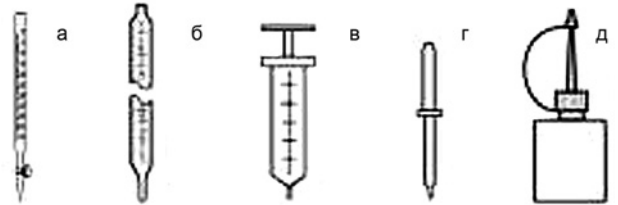


Рис. 1. Средства дозирования растворов: а — бюретка с краном, б — мерная пипетка, в — шприц-дозатор, г — пипетка-капельница простая, д — капельница-флакон

соединительную резиновую трубку. **Запрещается заполнение пипеток растворами путём их всасывания ртом!** Ещё удобнее работать с мерными пипетками, устанавливая их в штативе вместе с медицинским шприцем, герметично соединённым с пипеткой гибкой трубкой, резиновой или силиконовой.

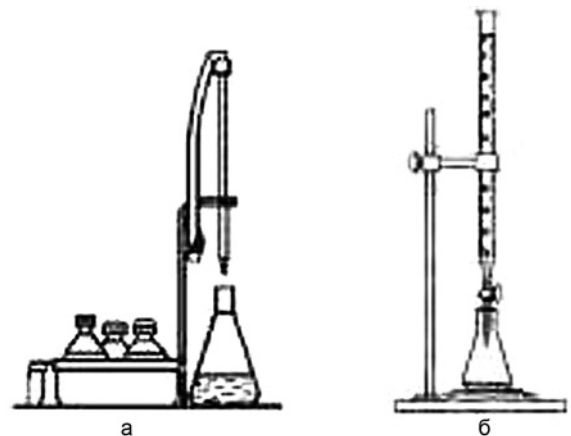
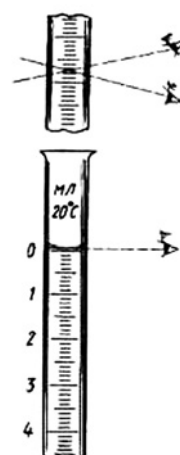


Рис. 2. Установка для титрования в штативах: а — мерная пипетка, б — бюретка с краном

Измерение объёма раствора в бюретках, мерных пробирках, мерных колбах проводится по нижнему краю мениска жидкости, в случае водных растворов он всегда вогнут. При этом



глаз наблюдателя должен быть на уровне метки. Нельзя выдувать последнюю каплю раствора из пипетки или бюретки. Необходимо знать также, что вся мерная посуда стеклянная. Она калибруется и градуируется при температуре 20°С, поэтому, для получения точных результатов измерения объёмов, температура растворов должна быть близка к комнатной при исполь-

зовании пипеток, бюреток и капельниц. При использовании мерных колб температура раствора должна быть близка к 20°С, т. к. значительная вместимость мерной колбы приводит

к заметной ошибке в измерении объёма за счёт теплового расширения или сжатия раствора при отклонениях температуры от 20°С более чем на 2–3°С.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ И СУММАРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ

§ 1. Температура

Колебания температуры по-разному влияют на растения и водных животных. Одним животным подходит тёплая вода, другие могут существовать только в холодной. От температуры воды зависит развитие фито- и зоопланктона.

От температурного режима зависят и химические параметры воды. Например, при повышении температуры понижается растворимость газов, в том числе кислорода.

Чтобы обнаружить тепловое загрязнение, измеряйте температуру в нескольких точках водоёма, отстоящих друг от друга на несколько сотен метров: в месте, где ожидается тепловое загрязнение, и в контрольной точке. В выбранных местах должны быть сходные физические и гидрологические условия: скорость течения, глубина, продуваемость, освещённость. В реке точка контроля должна быть выше по течению, чем возможный источник теплового загрязнения. Нет смысла измерять температуру в местах возможного естественного прогрева воды — на отмелях или в зарослях водных растений, так как в подобных местах температура выше температурного фона.

Метод определения температуры воды

Оборудование: Калиброванный термометр, пробоотборник (для глубоководных измерений).

Проведение измерения:

Температура воды определяется непосредственно на водоёме калиброванным термометром с ценой деления 0,1–0,5°С. В отдельных случаях оправдано измерение с ценой деления 1°С. Термометр устанавливают в пробоотборнике, который размещают на определенной глубине, и выдерживают там не менее 5–10 мин, после чего пробоотборник поднимают и, не вынимая термометр, сразу же определяют температуру.

При глубоководных измерениях необходимо использовать пробоотборники опрокидывающегося типа, заполняемые водой на необходимой глубине. Температуру поверхностных слоёв определяют, опуская термометр на глубину 15–20 см. Температура в поверхностных слоях воды может отличаться от температуры на глубинах в несколько метров, на 3–5°С и более.

Обратите внимание на впадающие в водоём реки, каналы и сточные каналы. При наличии таковых измерять температуру следует в зонах смешения воды, в местах их впадения в водоём. Можно говорить о тепловом загрязнении водоёма, если температурная разница в контрольных точках составляет несколько градусов.

Погрешность измерения температуры можно свести к минимуму, выполнив следующие правила:

- для измерений используйте только калиброванный термометр. Откалибровать термометр или проверить его точность можно, опустив его в тающий лёд (0°С) и в кипящую воду (100°С);
- измеряйте температуру в разных точках одним и тем же термометром; результатом измерения считайте среднее арифметическое нескольких наблюдений.

Важно! Для получения достоверных выводов о том, является ли измеренная температура воды нормой или нет, попробуйте сравнить свои результаты с данными многолетних наблюдений.

Температура воды поверхностных источников зависит от температуры воздуха, его влажности, скорости и характера движения воды и ряда других факторов. Она может изменяться в широких пределах в зависимости от сезона: от 0,1 до 20°С и выше.

Незначительное повышение температуры может говорить о длительном воздействии на реку хозяйственной деятельности людей. Возможно, рядом были спилены деревья, затеняющие водоток. Нагреванию воды может способствовать эрозия почв, вызванная в том числе удалением растений вдоль реки, неквалифицированной хозяйственной деятельностью, строительством и др. Эрозия почв влияет на мутность воды, что в свою очередь повышает температуру.

Кратковременное повышение температуры воды может быть вызвано залповым сбросом горячей воды в водоток промышленными предприятиями. Также источником теплового загрязнения реки могут быть тепловые электростанции. Тепловое загрязнение реки летом вызывают и дождевые воды с улиц, тротуаров, парков*.

§ 2. Водородный показатель

Для всего живого в воде, за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий, минимально возможная величина $\text{pH} = 5$. Дождь с $\text{pH} < 5,5$ считается кислотным, а в питьевой воде допускается $\text{pH} 6,0\text{--}9,0$; в водоёмах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования — $6,5\text{--}8,5$.

В реках в нормальных условиях показатель pH обычно колеблется от $6,5$ до $8,5$. Значение водородного показателя за пределами этого диапазона неблагоприятно для гидробионтов — живых обитателей. Величина pH зависит от многих факторов, включая деятельность растений. Растения днем усваивают двуокись углерода из воды и снижают её кислотность, pH возрастает, а ночью происходит обратный процесс.

Для определения pH используют pH -метрию и визуальную колориметрию. pH -метрия предполагает измерение водородного показателя с помощью стационарных лабораторных приборов — pH -метров. Визуально-колориметрическое определение проводится с использованием портативных тест-комплектов, основанных на реакции универсального или комбинированного индикатора

* Митчел М.*Mitchel M.K., Стапп У*Stapp W.B.+. Показатель качества воды. Полевое руководство по мониторингу качества воды (GREEN, USA): перевод с англ. — СПб.: «Прозрачные воды Невы», 1995. — 36 с.



с водородными ионами, сопровождающейся изменением окраски раствора. Точность измерения водородного показателя с помощью pH -метра может быть высока (до $0,1$ единиц pH и менее), с помощью визуально-колориметрических тест-комплектов — около $0,5$ единиц pH .

Для быстрого анализа неизвестных растворов используется pH -индикаторная бумага, имеющая точность определения pH не более ± 1 , что недостаточно для выполнения анализа природной и питьевой воды. Однако при грубой оценке на начальном уровне, $5\text{--}8$ классы, индикаторная бумага также может быть полезна.

Для определения pH по индикаторной бумаге необходимо отрезать рабочий участок размером около 5×5 мм, опустить рабочий участок в анализируемую воду на $5\text{--}10$ с, не снимая защитной плёнки. Через 3 минуты сравните окраску участка с образцами контрольной шкалы. За результат анализа принимайте значение pH , соответствующее ближайшему по окраске образцу шкалы, при промежуточной окраске — соответствующий интервал значений pH . Можно приготовить участки индикаторной полоски заранее, но максимум за 1 час до анализа. Пример подобной индикаторной бумаги и шкалы — тест-системы «Крисмас+».



Качественные pH-индикаторные тест-полоски производит, например, немецкая компания Merck. Они позволяют определять pH в интервале значений от 0 до 14 с шагом измерений до 0,2 ед.

Ниже мы приводим **визуально-колориметрический метод** определения pH как более точный вышеописанного, но так также простой и доступный.

Оборудование и реактивы:

Пипетка-капельница (0,50 мл); пробирки колориметрические с меткой «5 мл».

Раствор универсального индикатора.

Контрольная шкала образцов окраски растворов для определения pH (pH 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5) из состава тест-комплекта или приготовленная самостоятельно.

Приготовление растворов см. ниже.

Выполнение анализа:

1. Колориметрическую пробирку сполосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку налейте до метки анализируемую воду (5 мл).
2. Добавьте пипеткой-капельницей 3–4 капли (около 0,10 мл) раствора универсального индикатора и встряхните пробирку.
3. Окраску раствора сразу же сравните с контрольной шкалой, выбирая ближайший по характеру окраски образец шкалы. Окраску наблюдайте сверху через открытое отверстие пробирки на белом фоне при достаточном освещении. Определите соответствующее значение pH.

Контроль точности определения водородного показателя может быть выполнен путём тестирования специально приготовленных контрольных буферных растворов, имеющих значения pH, близкие приведённым образцам на контрольной шкале. Для контроля значений pH буферных растворов рекомендуется использовать pH-метр. Состав буферных смесей для приготовления контрольных растворов приведен в Приложении 1 Руководства по определению показателей качества воды по-

левыми методами А.Г. Муравьева (Крисмас + Санкт-Петербург, 2009).

Раствор индикатора универсального

Раствор А. 0,10 г индикатора бромтимолового синего помещают в фарфоровую ступку и растворяют с растиранием в 8,0 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,02 моль/л.

Туда же прибавляют 50 мл этилового спирта-ректификата, переносят смесь в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводят объём раствора дистиллированной водой до метки.

Раствор Б. 0,025 г индикатора метилового красного помещают в фарфоровую ступку и растворяют с растиранием в 4,6 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 0,02 моль/л. Туда же прибавляют 50 мл этилового спирта-ректификата, переносят смесь в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводят объём раствора дистиллированной водой до метки.

Растворы А и Б смешивают в соотношении 1:1. Раствор универсального индикатора устойчив при хранении.

Получив значение pH, проанализируйте, является ли нормой такое значение для вашего водотока. Для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень pH в диапазоне от 6 до 9 единиц.

Если показатель не соответствует норме, попробуйте выяснить причину отклонения. Величина pH природных вод определяется в некоторой степени геологией водосборного бассейна. Так, естественной причиной значений pH в реке может быть наличие гумусовых кислот, особенно фульвокислот, в избытке присутствующие в почвах лесных зон и обладающие хорошей миграционной способностью. Кислотные дожди, которые повышают кислотность воды в реках, — причина антропогенных отклонений водородного показателя.

§ 3. Растворённый кислород. БПК

Важная характеристика природных вод — биологическое потребление кислорода (БПК), то есть количество кислорода, необходимое для окисления находящихся в воде

органических веществ. БПК говорит о способности воды к самоочищению и косвенно показывает количество органического вещества в воде.

Метод Винклера

Оборудование и реактивы:

Барометр любого типа; груша резиновая или медицинский шприц; колба коническая вместимостью 250–300 мл; склянка кислородная калиброванная (100–200 мл) с пробкой; мешалка (стеклянные шарик, палочка и т. п.) известного объёма; пипетки мерные на 1 мл и 10 мл; термометр с ценой деления не более $0,5^{\circ}\text{C}$; поддон.

Раствор соли марганца; раствор серной кислоты (1:2); раствор тиосульфата натрия (0,02 моль/л экв.); раствор крахмала (0,5%); раствор йодида калия щелочной.

Если в лаборатории имеются приборы для измерения содержания растворённого в воде кислорода (оксиметры), их можно использовать для выполнения анализов в полевых условиях.

Приготовление растворов см. ниже.

Отбор пробы:

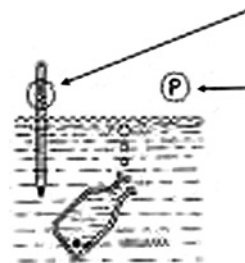
Отбор проб на содержание растворённого кислорода имеет ряд особенностей. Для отбора проб обычно используют батометр, к крану которого прикреплена резиновая трубка длиной 20–25 см. Для отбора проб воды из поверхностных горизонтов используют эмалированную либо стеклянную посуду. Если отбирается общая проба воды для анализов по разным компонентам, то проба для определения растворённого кислорода должна быть первой, взятой для дальнейшей обработки. Водой из отобранной пробы ополаскивают 2–3 раза чистые калиброванные склянки из состава комплекта или стеклянные бутылки, если требуется специальная подготовка проб, например, отстаивание.



Наполнение склянок из батометра осуществляют сифоном через резиновую трубку, опущенную до дна склянки. После наполнения кислородной склянки до горлышка продолжайте наполнять её до тех пор, пока не выльется около 100 мл

воды. Так вытиснится вода, соприкасавшаяся с находившимся в склянке воздухом. Затем «вытесните» ещё один объём. Трубку вынимайте из склянки, не прекращая потока воды из батометра. Аналогично заполните склянку из бутылки с анализируемой водой или бутылки из батометра. В последнем случае резиновую трубку сифона погружают примерно до половины высоты водяного столба в бутылки. Сразу после заполнения склянки производят фиксацию кислорода, как описано ниже.

Отбор пробы для измерения концентрации растворённого кислорода непосредственно на водоёме можно выполнить следующим образом:



- Измерьте и зафиксируйте значение температуры;
- Измерьте и зафиксируйте значение атмосферного давления;
- Отберите пробу воды в склянку с мешалкой, заполняя водой весь объём склянки;
- Закройте склянку пробкой. Точное измерение температуры и атмосферного давления необходимы для расчёта степени насыщения пробы кислородом.



Примечания:

1. В склянке не должно остаться пузырьков воздуха.
2. Проанализируйте пробу как можно скорее.

Проведение анализа:

А. Фиксация кислорода в пробе

1. Введите в склянку разными пипетками 1 мл раствора соли марганца, затем 1 мл раствора йодида калия и 1–2 капли раствора сульфаминовой кислоты, после чего закройте склянку пробкой.



Если вода не содержит нитритов или их содержание менее $0,05\text{ мг/л}$, раствор сульфаминовой кислоты можно не добавлять. Однако концентрация нитритов зачастую неизвестна,

поэтому мы рекомендуем добавлять сульфаминовую кислоту при каждом анализе.

2. Перемешайте содержимое склянки с помощью имеющейся внутри мешалки, держите склянку в руке. Образовавшийся осадок должен отстояться не менее 10 мин. Примечание. Склянку с фиксированной пробой можно хранить в затемнённом месте не более 1 суток.

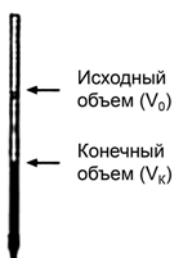
На этом этапе выполняется фиксация, т. е. количественное связывание кислорода в пробе. Фиксацию растворённого кислорода, неустойчивого компонента в составе воды, следует провести сразу после отбора пробы.

В. Титрование



3. Введите в склянку пипеткой 2 мл раствора серной кислоты, погружая пипетку до осадка (не взмучивать!) и постепенно поднимая её вверх по мере опорожнения.
4. Склянку закройте пробкой и содержимое перемешайте до растворения осадка.
5. Содержимое склянки полностью перенесите в коническую колбу на 250 мл.

Примечание. Определить концентрации растворенного кислорода в воде можно путём титрования части пробы. При этом в колбу на 100 мл цилиндром переносят 50,0 мл пробы с растворённым осадком. Дальнейшие операции проводят, как описано ниже, для обработки полной пробы.



6. В бюретку (пипетку), закреплённую в штативе из состава комплекта, наберите 10 мл раствора тиосульфата и титруйте пробу до слабо жёлтой окраски. Затем добавьте пипеткой 1 мл раствора крахмала (раствор в колбе синее) и продолжайте титрование до полного обесцвечивания раствора.
7. Определите общий объём раствора тиосульфата, израсходованный на титро-

вание. Сделайте это как до, так и после добавления раствора крахмала. При наличии в анализируемой воде лишних примесей, включая взвешенные и окрашенные вещества, восстановители, железо в концентрациях более 1 мг/л, выполните специальную обработку пробы. Схема подробно описана в паспорте на комплект «Растворённый кислород». Далее пробой заполните кислородную склянку, выполните фиксацию и титрование, как указано выше.

Итак, на этапе титрования мы получаем общий объём раствора тиосульфата, который пропорционален концентрации растворённого кислорода. Далее переходим к вычислению результатов анализа.

Вычисление результатов анализа

В случае титрования всего количества раствора в кислородной склянке массовую концентрацию растворённого кислорода в анализируемой пробе воды (С_{РК}) в мг/л рассчитайте по формуле:

$$C_{PK} = \frac{8 \times C_T \times V_T \times 1000}{V - V_1},$$

где: 8 — эквивалентная масса атомарного кислорода; С_Т — концентрация титрованного стандартного раствора тиосульфата, моль/л экв.; V_Т — общий объём раствора тиосульфата, израсходованного на титрование (до и после добавления раствора крахмала), мл; V — внутренний объём калиброванной кислородной склянки с закрытой пробкой (определяется заранее для каждой склянки отдельно), мл; V₁ — суммарный объём растворов хлорида марганца и йодида калия, добавленных в склянку при фиксации РК, а также мешалки, мл (рассчитывается как V₁ = 1+1+0,5=2,5 мл); 1000 — коэффициент пересчёта единиц измерения из г/л в мг/л.

Примечание. Принимается, что потери растворённого кислорода в фиксированной форме при сливе излишков жидкости из склянки и при выполнении других операций много меньше результата измерений, или пренебрежимо малы.

В случае титрования части пробы (50,0 мл) в кислородной склянке массовую концен-

трацию растворённого кислорода в анализируемой пробе воды (C_{PK} в мг/л) рассчитывают по формуле:

$$C_{PK} = \frac{8 \times C_T \times V_T \times 1000}{50 \times (V - V_1)}$$

Пример расчёта концентрации растворённого кислорода в воде

При общем объёме раствора тиосульфата, израсходованного на титрование, равном 4,7 мл, концентрации раствора тиосульфата 0,02 ммоль/л экв. и объёме кислородной склянки 102,5 мл **содержание растворённого кислорода рассчитывается как:**

$$C_{PK} = \frac{4,7 \times 0,02 \times 8 \times 1000}{102,5 - 2,5} = 7,52 \text{ мг/л.}$$

Для определения степени насыщения воды кислородом по таблице (стр. 59) определите величину концентрации насыщенного раствора кислорода в воде (C_H , мг/л), исходя из температуры воды, зафиксированной в момент отбора пробы.

Далее рассчитайте **степень насыщения воды кислородом** (R) в % с учётом фактической величины атмосферного давления по формуле:

$$R = \frac{C_{PK} \times 100 \times 760}{C_H \times P},$$

где: 100 — коэффициент пересчёта единиц измерения из мг/л в %; 760 — нормальное атмосферное давление, мм рт. ст.; C_H — величина концентрации насыщенного раствора кислорода для условий отбора, определенная по табл. 1; P — фактическая величина атмосферного давления в момент отбора пробы.

Примечание. При отсутствии данных об атмосферном давлении в момент отбора допускается его принимать равным нормальному (т. е. 760 мм рт. ст.).

Пример расчёта степени насыщения воды кислородом

При значениях $C_{PK} = 7,52$ мг/л, $C_H = 9,82$ мг/л, $P = 735$ мм рт. ст. и температуре воды в момент отбора 16°С степень насыщения составляет:

$$R = \frac{7,52 \times 100 \times 760}{9,82 \times 735} = 79,2 \text{ \%}.$$

Контроль точности измерений

При выполнении измерений концентрации растворённого кислорода в воде контроль точности необходимо проводить по поверенному, образцовому оксиметру.

Итак, в ходе анализа мы получаем концентрацию РК (в мг/л) и степень насыщения им воды (в %) по отношению к равновесному содержанию при данных температуре и атмосферном давлении.

Определение БПК5

БПК — количество кислорода в миллиметрах, требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях, без доступа света, при 20°С, за определенный период в результате протекающих в воде биохимических процессов. Ориентировочно принимают, что БПК5 составляет около 70% БПКполн, но может составлять от 10 до 90% в зависимости от окисляющегося вещества.

Определение БПК основано на измерении концентрации растворённого кислорода в пробе воды непосредственно после отбора и после инкубации пробы. Инкубацию пробы проводят без доступа воздуха в кислородной склянке, т. е. в той же посуде, где определяется значение растворённого кислорода, в течение времени, необходимого для протекания реакции биохимического окисления. Так как скорость биохимической реакции зависит от температуры, инкубацию проводят в режиме постоянной температуры (20±1)°С. От точности поддержания значения температуры зависит точность выполнения анализа на БПК. Обычно определяют БПК за 5 суток инкубации (БПК5), однако содержание некоторых соединений более информативно характеризуется величиной БПК за 10 суток или за период полного окисления (БПК10 или БПКполн соответственно).

Определение концентрации растворённого кислорода при анализе воды на БПК может выполняться различными методами. Наиболее распространён для определения растворённого кислорода при анализе БПК метод йодометрического титрования — метод Винклера.

Альтернативным методом определения БПК может быть **метод с электродным (потенциометрическим) измерением concentra-**

Таблица. Зависимость равновесной концентрации кислорода в воде от температуры (атмосферное давление — 760 мм рт. ст.)

Температура °С	Равновесная концентрация растворенного кислорода (в мг/л) при изменении температуры в десятые доли °С (Св)									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	14,65	14,61	14,57	14,53	14,49	14,45	14,41	14,37	14,33	14,29
1	14,25	14,21	14,17	14,13	14,09	14,05	14,02	13,98	13,94	13,90
2	13,86	13,82	13,79	13,75	13,71	13,68	13,64	13,60	13,56	13,53
3	13,49	13,46	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,20	13,17
4	13,86	13,82	13,79	13,75	13,71	13,68	13,64	13,60	13,56	13,53
5	13,49	13,46	13,42	13,38	13,35	13,31	13,28	13,24	13,20	13,17
6	13,13	13,10	13,06	13,03	13,00	12,96	12,93	12,89	12,86	12,82
7	12,79	12,76	12,72	12,69	12,66	12,62	12,59	12,56	12,53	12,49
8	12,46	12,43	12,40	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
9	11,55	11,52	11,49	11,47	11,44	11,41	11,38	11,35	11,32	11,29
10	11,27	11,24	11,22	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03
11	10,00	10,98	10,95	10,93	10,90	10,87	10,85	10,82	10,80	10,77
12	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,62	10,60	10,57	10,55	10,52
13	10,50	10,48	10,45	10,43	10,40	10,38	10,36	10,33	10,31	10,28
14	10,26	10,24	10,22	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	10,08	10,06
15	10,03	10,01	9,99	9,97	9,95	9,92	9,90	9,88	9,86	9,84
16	9,82	9,79	9,77	9,75	9,73	9,71	9,69	9,67	9,65	9,63
17	9,61	9,58	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,44	9,42
18	9,40	9,38	9,36	9,34	9,32	9,30	9,29	9,27	9,25	9,23
19	9,21	9,19	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04
20	9,02	9,00	8,98	8,97	8,95	8,93	8,91	8,90	8,88	8,86
21	8,84	8,82	8,81	8,79	8,77	8,75	8,74	8,72	8,70	8,68
22	8,67	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58	8,56	8,55	8,53	8,52
23	8,50	8,48	8,46	8,45	8,43	8,42	8,40	8,38	8,37	8,35
24	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19
25	8,18	8,16	8,14	8,13	8,11	8,11	8,08	8,07	8,05	8,04
26	8,02	8,01	7,99	7,98	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89
27	7,87	7,86	7,84	7,83	7,81	7,80	7,78	7,77	7,75	7,74
28	7,72	7,71	7,69	7,68	7,66	7,65	7,64	7,62	7,61	7,59
29	7,58	7,56	7,55	7,54	7,52	7,51	7,49	7,48	7,47	7,45
30	7,44	7,42	7,41	7,40	7,38	7,37	7,35	7,34	7,32	7,31

ции растворённого кислорода с помощью оксиметра. При этом следует иметь в виду все вышеизложенные особенности БПК как показателя качества воды и биохимические процессы в пробе.

Оборудование и реактивы:

Оборудование, реактивы и принадлежности для определения растворённого кислорода методом Винклера (см выше); кислородные калиброванные склянки для инкубирования проб; чашки Петри; термостат-инкубатор, обеспечивающий поддержание температуры (20±1)°С.

Проведение анализа:

1. Отберите пробы воды в кислородные склянки (не менее 3 шт.), как описано в методе определения растворённого кислорода.

Примечание. Для получения представительной пробы отбор желательно проводить на удалении от берегов, дна, водных растений и т. п., которые могут быть источниками выделений органических веществ или/и микроорганизмов.

2. В первой склянке сразу же фиксируйте кислород и определите концентрацию растворённого кислорода.

3. Другие склянки — инкубационные, две или больше, поместите в темноте в инкубатор через водяной затвор из чашки Петри, как показано на рисунке. Это воспрепятствует контакту воды в склянке с воздухом.



Примечание. Инкубации желателно подвергнуть несколько проб, т.к. в случае получения ошибочных результатов выполнить анализ повторно будет уже невозможно.

4. По истечении 5 суток инкубации в склянках определите концентрацию остаточного растворённого кислорода как среднее арифметическое результатов по каждой инкубационной склянке.

5. Рассчитайте значение БПК₅ в мг/л по формуле:

$$\text{БПК}_5 = C_1 - C_2,$$

где: C_1 — концентрация РК в первоначальной пробе, мг/л; C_2 — средняя концентрация РК по истечении периода инкубации, мг/л.

Итак, вышеописанный метод позволяет определить величину БПК₅ за счёт вычисления разницы между концентрациями растворённого кислорода в первоначальной и инкубационных пробах (через 5 дней).

Приготовление растворов:

Раствор соли марганца

Раствор приготавливают в подходящей посуде из 4-водного сульфата марганца (концентрация 480 г/л) либо 4-водного хлорида марганца (концентрация 425 г/л) в дистиллированной воде.

Раствор серной кислоты (1:2)

К 20 мл дистиллированной воды постепенно при перемешивании добавляют 10 мл концентрированной серной кислоты. Не забывайте про технику безопасности.

Раствор тиосульфата натрия (0,02 моль/л экв.)

Приготавливаются из ампулы фиксаля (стандарт-титра) тиосульфата натрия («0,1 моль/л экв.»).

Для приготовления 0,02 моль/л экв. раствора тиосульфата 20,0 мл раствора с концентрацией 0,1 моль/л экв., отмеренные с помощью цилиндра, помещают в мерную колбу на 100 мл, после чего объём раствора в мерной колбе доводят до метки дистиллированной водой.

Для повышения стабильности растворов тиосульфата к ним следует добавить 10 мл амилового или изобутилового спирта (либо 1–2 мл ксилола или хлороформа) на 1 л раствора.

Растворы используют не ранее чем через 10 дней после приготовления.

В процессе использования раствора следует периодически, например, перед началом полевых работ, устанавливать точную концентрацию стандартного раствора тиосульфата методом титрования раствором бихромата калия.

Раствор крахмала (0,5%).

0,5 г растворимого крахмала размешивают с 10 мл воды до получения однородной смеси, медленно вливают при перемешивании в 90 мл кипящей воды и кипятят 2–3 мин. После охлаждения раствор консервируют добавлением 2–3 капель хлороформа. Раствор после консервации устойчив до 1 месяца при хранении в прохладном затемнённом месте. При полевых работах рекомендуется использовать раствор, приготовленный перед началом работ.

Раствор йодида калия щелочной

Раствор приготавливают, смешивая растворы (а) и (б) следующего состава:

а) раствор 150 г йодида калия в 100 мл дистиллированной воды.

Данный раствор приготавливают с использованием йодида калия, специально очищенного от следов свободного йода;

- б) раствор 500 г гидроксида натрия в 500 мл дистиллированной воды, предварительно прокипячённой и охлажденной. Объём смешанного раствора доводят в подходящей посуде до 1000 мл дистиллированной водой. Не забывайте про технику безопасности.

Вышеперечисленные методы позволяют рассчитать концентрацию растворённого кислорода (в мг/л), степень насыщения им воды (в %) по отношению к равновесному содержанию при данных температуре и атмосферном давлении и величину БПК₅.

После получения результата проанализируйте, о чем он свидетельствует. Для этого сравните его с нормативами вашей страны. Если полученный вариант не соответствует ПДК, попробуйте найти причины несоответствия.

В поверхностных водах, в зависимости от типа водоёма, величина БПК₅ (БПК за 5 суток) колеблется от 0,5 до 5,0 мг/л и подвержена сезонным и суточным изменениям.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЖЁСТКОСТИ

Жёсткость воды — ещё одна из качественных характеристик, которая обусловлена присутствием растворимых и малорастворимых солей-минералов, главным образом — ионов кальция (Ca_{2+}) и магния (Mg_{2+}).

Общую жёсткость можно определить с помощью тест комплекта «ОЖ-1»*.

Предлагаемый метод определения общей жёсткости как суммарной массовой концентрации катионов кальция и магния основан на реакции солей кальция и магния с реактивом — трилоном Б, двунатриевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты.

Анализ проводят в аммиачном буферном растворе при pH 10,0–10,5 титриметрическим

методом в присутствии хромового тёмно-синего индикатора.

Превышение показателя БПК может быть следствием антропогенного загрязнения природных вод органическими веществами. Если их источники можно идентифицировать по точкам сброса, такие источники называются локальными. Они включают в себя целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные предприятия.

Не локальные загрязнения поступают из многих источников, которые трудно идентифицировать. Они включают в себя:

- потоки дождевых и талых вод городов, которые несут загрязнения из нелегальной канализации в систему стоков для дождевых вод, фекалии кошек и собак с улиц и тротуаров;
- сельскохозяйственные стоки, которые содержат биогенные элементы с полей;
- потоки скотников, содержащие фекальные вещества.

методом в присутствии хромового тёмно-синего индикатора.

Определение общей жёсткости. Оборудование и реактивы:

Баня водяная; ножницы; палочка стеклянная; пипетка на 2 мл или на 5 мл с резиновой грушей (медицинским шприцем) и соединительной трубкой; пипетка-капельница; склянка с меткой «10 мл». Вода дистиллированная; раствор буферный аммиачный; раствор индикатора хром тёмно-синего кислотного; раствор трилона Б (0,05 моль/л экв.).

Выполнение анализа:

1. В склянку налейте 10 мл анализируемой воды.
2. Добавьте в склянку пипетками 6–7 капель раствора буферного аммиачного и 4–5 капель раствора хромового тёмно-синего индикатора.

* Тест-комплект «ОЖ-1» предназначен для количественного экспрессного определения общей жёсткости (суммы молярных концентраций эквивалентов ионов кальция и магния) в воде в полевых, лабораторных и производственных условиях (<http://www.christmas-plus.ru/portkits/portkitswater/tk02/tkoj1>).

3. Герметично закройте склянку пробкой и встряхните для перемешивания.
4. Постепенно титруйте содержимое склянки раствором трилона Б до перехода окраски в точке эквивалентности из винно-красной в ярко-голубую. Периодически встряхивайте склянку для перемешивания пробы. Определите объём раствора, израсходованный на титрование общей жёсткости ($V_{ОЖ}$, мл).

Примечание. После изменения окраски пробу необходимо выдержать ещё 0,5 мин. для полного завершения реакции. Окраска раствора может несколько восстановиться. В этом случае необходимо добавить ещё некоторое количество раствора трилона Б.

5. Рассчитайте величину общей жёсткости ($C_{ОЖ}$) в ммоль/л экв. по формуле:

$$C_{PK} = \frac{V_{TP} \times H \times 1000}{V_A},$$

где: V_{TP} — объём раствора трилона Б, израсходованного на титрование, мл; H — концентрация титрованного раствора трилона Б, моль/л экв.; V_A — объём воды, взятой на анализ, мл; 1000 — коэффициент пересчёта единиц измерения из моль/л в ммоль/л. или для $V_A = 10$ мл и $H = 0,05$ моль/л экв. по следующей формуле:

$$C_{ОЖ} = V_{ОЖ} \times 5.$$

Итак, вы получили количественную величину общей жёсткости воды в исследуемом водоёме. Следующий шаг — понять, о чём говорит результат. Проверьте полученные данные на соответствие нормативам. При отклонении попробуйте отыскать причину.

Величина жёсткости воды может варьироваться в широких пределах в зависимости от типа пород и почв бассейна водосбора, от сезона и погодных условий. Жёсткость увеличивается из-за испарения воды, уменьшается в сезон дождей и в период таяния снега. Жёсткость воды зависит и от типа водоёма. Речная вода обычно обладает относительно небольшой жёсткостью (1–6 мг-экв/л), однако вода рек, прорезающих толщу известковых и гипсовых пород, часто отличается большой жёсткостью. Высокая жёсткость воды ухудшает органолептические свойства воды и придает ей горьковатый вкус.

Кальциевая жёсткость обусловлена растворением известняка и мела в составе дна и берегов водотока. В районах, где больше доломита, чем известняка, может преобладать магниевая жёсткость.

Подробное описание методов определения карбонатной жёсткости и щёлочности, кальция и магния смотрите в «Руководстве по определению показателей качества воды полевыми методами» Муравьева А.Г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Биогенными элементами, или биогенами, называются элементы в составе живых организмов: азот, фосфор, сера, железо, кальций, магний, калий и другие. Вопросы контроля качества воды и экологической оценки водоёмов внесли в понятие биогенных элементов более определенный смысл: к ним относят соединения, которые являются продуктами жизнедеятельности различных организмов и являются «строительным материалом» для живых организмов. В первую очередь к ним относятся соединения азота: нитраты, нитриты, органические и неорганические аммонийные соединения, а также фосфора: ортофосфаты, полифосфаты, органические эфиры фосфорной кислоты и др.

§ 1. Нитраты

Соединения азота, попавшие в водоёмы из внешних источников, преобразуются из одной формы в другую. Например, в течение первых часов после попадания навоза в воду обнаруживается повышенное содержание катионов аммония, потом катионы аммония переходят в нитриты, и затем, почти сразу, — в нитраты. Это соли азотной кислоты. Таким образом, нитраты — это накопительная характеристика, определение которой наиболее доступно для общественных исследователей.

Метод определения нитрат-анионов в воде является унифицированным и основан на ви-

зуальном сравнении окраски пробы исследуемой воды с контрольной шкалой образцов окраски водных растворов с различным содержанием нитрат-анионов.

Самый простой метод определения нитратов в пробе воды возможен при использовании индикаторной бумаги — тест-полоски. Для этого необходимо отрезать рабочий участок индикаторной полоски размером около 5x5 мм, опустить рабочий участок в пробу на 5–10 сек., не снимая защитной плёнки. Через 3 минуты сравните окраску участка с образцами контрольной шкалы. За результат анализа принимайте значение концентрации, соответствующее ближайшему по окраске образцу шкалы. При промежуточной окраске — соответствующий интервал концентраций. Результат анализа, т. е. концентрацию нитратов, измеряют в мг/л. Пример подобной индикаторной бумаги и шкалы — тест-системы «Крисмас+».



Такую тест-полоску можно заказать в ООО «Крисмас+». Также качественные индикаторные тест-полоски производит немецкая компания Merck2.

Более точное определение нитрат-анионов основано на предварительном восстановлении цинковой пылью нитрат-анионов до нитрит-анионов с последующим образованием азокрасителя в присутствии сульфаниловой кислоты и α-нафтиламина по реакции, описанной при определении нитритов.

Диапазон определяемых концентраций нитрат-анионов в воде — от 0 до 50 мг/л. Объём пробы, необходимой для анализа, составляет 6 мл.

Продолжительность выполнения анализа — не более 25 мин.

Оборудование и реактивы:

Порошок цинкового восстановителя, раствор α-нафтиламина, раствор сульфаниловой кислоты.

Пипетка-капельница на 3 мл, пробирки, градуированные на 15 мл с пробкой (2 шт.), склянки для колориметрирования с меткой «10 мл» (2 шт.), флакон для приготовления реактива на нитрат-анионы, шпатель.

Контрольная шкала образцов окраски проб для визуального колориметрирования «Нитрат-анионы» (0–10–30–50 мг/л) из состава тест-комплекта.

Приготовление растворов и реактивов см. ниже.

Подготовка к работе:

Приготовление реактива на нитрат-анионы. С помощью градуированных пробирок отмеряются равные объёмы растворов α-нафтиламина и сульфаниловой кислоты и смешиваются во флаконе для приготовления реактива на нитрат-анионы. Реактив готовится в количествах, необходимых для проведения анализа, и используется в день приготовления.

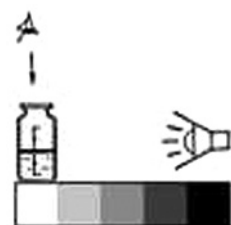
Выполнение анализа:

1. Градуированную пробирку ополосните несколько раз анализируемой водой. В пробирку отберите 6 мл анализируемой воды (пробы), прибавьте дистиллят до значения объёма 11 мл и 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 цинкового восстановителя, используя шпатель (0,2 г порошка заполняют шпатель на $\frac{1}{2}$ глубины, не образуя «горки»). Закройте пробирку пробкой и тщательно перемешайте.



4. Оставьте пробирку на 15 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 склянку поместите на белое поле контрольной шкалы и, освещая склянку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующему значению концентрации нитрат-анионов в мг/л.

Контроль точности анализа

Контроль точности при определении нитратов проводят с использованием эталонных растворов либо с использованием поверенного (образцового) нитратомера.

Итак, в результате проведения анализа по контрольной шкале вы получили значение концентрации нитрат-анионов в мг/л. Эта величина зачастую является индикатором загрязнённости водоёма.

Приготовление растворов и реактивов

Приготовление основного раствора нитрат-аниона

Взвешенную на аналитических весах навеску ($1,6300 \pm 0,0010$) г нитрата калия, предварительно высушенного до постоянной массы при $100-105^\circ\text{C}$, помещают в мерную колбу вместимостью 1000 мл, растворяют в 200–300 мл дистиллированной воды и доводят объём раствора дистиллированной водой до метки. Полученный раствор содержит 1,00 мг/мл нитрат-аниона.

Раствор устойчив в течение 6 месяцев при условии хранения в холодильнике.

Приготовление стандартного раствора с концентрацией 0,05 мг/мл

5,0 мл основного раствора с концентрацией 1,00 мг/мл пипеткой помещают в мерную колбу вместимостью 100 мл и доводят раствор до метки дистиллированной водой.

Эталонные растворы для определения нитрат-аниона стабильны в течение 3 месяцев при условии их хранения в герметично закрытых пробирках в затемненном прохладном месте.

Таблица. Алгоритм приготовления шкалы эталонных растворов для определения растворов нитрат-аниона

Наименования раствора и порядок его использования	Количество раствора, мл					
	Номер стандартного раствора (пробы)					
	1	2	3	4	5	6
Стандартный раствор с концентрацией нитрат-ионов 0,05 мг/мл	–	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0
Дистиллированная вода	6,0	4,8	3,6	2,4	1,2	–
Дистиллированная вода	По 5,0 мл в каждую пробу					
Реактив на нитрат ионы	По 2 мл в каждую пробу					
Порошок цинкового восстановителя	По 0,2 г в каждую пробу					
	Пробу переливают в склянку для колориметрирования до метки «10», не допуская попадания осадка					
Содержание нитрат анионов в пробе, мг	0	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30
Концентрация нитрат-анионов в пробе объёмом 6,0 мл, мг/л	0	10	20	30	40	50

Итак, в результате проведения анализа по контрольной шкале вы получили количество содержания нитратов в пробе воды исследуемого водоёма. Следующий шаг — понять, о чем говорят данные. В первую очередь проверьте концентрацию на соответствие нормативам. При отклонении от ПДК стоит начать поиск причины.

Повышенное содержание нитратов в воде может быть индикатором загрязнения водоёма в результате распространения фекальных либо химических загрязнений, бытовых, сельскохозяйственных или промышленных. Минеральные удобрения содержат нитраты, которые при избыточном или нерациональном внесении в почву приводят к загрязнению водоёмов. Источниками загрязнения также бывают поверхностные стоки с пастбищ, скотных дворов, молочных ферм и т. п. Нитраты стимулируют массовое развитие водной растительности, в первую очередь — сине-зелёных водорослей, и ускоряют эвтрофикацию водоёмов.

§ 2. Соединения фосфора

Фосфор является необходимым элементом для жизни. Этот элемент участвует в круговороте веществ в водных экосистемах в естественных концентрациях.

Фосфор в природных водах существует в виде ортофосфатов, полифосфатов и органических соединений, причем преобладающей формой нахождения элемента в водной среде являются ортофосфаты. Наиболее простым является метод определения содержания ортофосфатов, результаты которого даёт оценочную информацию, по которой можно делать выводы о состоянии водоёма.

Определение ортофосфатов в питьевой и природной воде

Определение является визуально-колориметрическим и основано на реакции ортофосфатов с молибдатом аммония в кислой среде. Образующийся при этом продукт под действием восстановителя превращается в фосфорномолибденовый комплекс, окрашенный в интенсивно синий цвет. Концентрацию ортофосфатов в анализируемой воде определяют по окраске пробы, визуально сравнивая с окраской образцов на контрольной шкале.

Диапазон определяемых концентраций ортофосфатов в воде при визуально-колориметрическом определении — от 0,2 до 7,0 мг/л. Определение визуально-колориметрическим методом возможно и при концентрации ортофосфатов более 7,0 мг/л после соответствующего разбавления пробы чистой водой.

Оборудование и реактивы:

Мерная склянка с делениями (5, 10, 20 мл) с пробкой, пипетка-капельница на 1 мл.

Раствор восстановителя, раствор для связывания нитритов, раствор молибдата.

Контрольная шкала образцов окраски для концентраций ортофосфатов (0; 0,2; 1,0; 3,5; 7,0 мг/л) из состава тест-комплекта или приготовленная самостоятельно.

Выполнение анализа:

1. Отберите в мерную склянку 20 мл профильтрованной или отстоянной анализируемой воды (пробы), предварительно ополоснув её 2–3 раза той же водой.

Примечание. При ожидаемой концентрации ортофосфатов более 5 мг/л рекомендуется отбирать 5 мл пробы (склянкой) или 1 мл (шприцем-дозатором), доводя объём раствора в склянке до 20 мл чистой водой, не содержащей ортофосфатов.

2. Добавьте к пробе пипеткой капельницей 10 капель раствора для связывания нитритов и затем шприцем-дозатором 1 мл раствора молибдата. Склянку закройте пробкой и встряхните для перемешивания раствора.

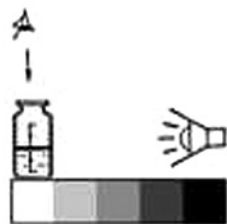
Раствор молибдата содержит серную кислоту. Будьте осторожны.

3. Оставьте пробу на 5 мин. для полного протекания реакции.
4. Добавьте к пробе пипеткой-капельницей 2–3 капли раствора восстановителя. Склянку закройте пробкой и встряхните для перемешивания раствора. При наличии в воде ортофосфатов раствор приобретает синюю окраску.

Раствор восстановителя содержит соляную кислоту. Будьте осторожны.

5. Оставьте пробу на 5 мин. для полного протекания реакции.

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 ортофосфатов в мг/л.



При получении результата анализа учтите разбавление пробы чистой водой, введите поправочный коэффициент. Например, при разбавлении пробы в 4 раза, т.е. при отборе 5 мл анализируемой воды, полученное по шкале значение концентрации умножьте на 4. Для более точного определения концентрации ортофосфатов оптическую плотность пробы можно измерить с помощью фотоколориметра.

Приготовление растворов и реактивов:

Раствор для связывания нитритов (10%-ый водный раствор сульфаминовой кислоты)
Взвешивают 10,0 г сульфаминовой кислоты, переносят в коническую колбу, добавляют 100 мл дистиллированной воды, тщательно перемешивают содержимое колбы. Раствор хранят в прохладном месте в склянке из темного стекла.

Раствор хлорида олова (восстановитель)
1,95 г кристаллического неветренного $\text{SnCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ растворяют в 50 мл 13,6%-ой соляной кислоты. К 18,4 мл 37%-ой концентрированной HCl добавляют 31,6 мл дистиллированной воды. Суспензию тщательно перемешивают, хранят в прохладном месте в склянке из темного стекла. Раствор устойчив в течение 1 года.

Раствор молибдата аммония

25 г молибдата аммония 4-водного — аммония молибденовокислого $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ — растворяют в термостойком мерном стакане на 1000 мл в 600 мл дистиллированной воды. К этому раствору осторожно, при охлаждении, добавляют 337 мл концентрированной 98%-ной серной кислоты. После охлаждения дополнить объём раствора до 1 л дистиллированной водой. Раствор хранят в бутылки из темного стекла с притертой пробкой. Пользоваться раствором можно через 48 часов после приготовления. Не забывайте про технику безопасности.

Итак, в результате проведения анализа по контрольной шкале вы получили количество содержания ортофосфатов в пробе воды исследуемого вами водоёма. Следующий шаг — понять, о чем говорят данные. В первую очередь проверьте концентрацию на соответствие нормативам. При отклонении от ПДК стоит начать поиск причины.

Повышенное содержание ортофосфатов может говорить о неблагополучном состоянии водоёма за счёт избыточного поступления в него фосфорсодержащих веществ.

Фосфаты могут поступать с водосбора в виде минеральных удобрений с поверхностным стоком полей (с гектара орошаемых земель может выносить 0,4–0,6 кг фосфора), со стоками ферм (0,01– 0,05 кг/сут. на одно животное), с недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами (0,003–0,006 кг/сут. на одного жителя), а также с некоторыми производственными расходами. Кроме этого, минеральные фосфаты поступают в природные воды в результате выветривания пород, содержащих ортофосфаты — апатиты и фосфориты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. МОНИТОРИНГ МОРСКОГО МУСОРА НА ПЛЯЖАХ

Морской мусор — это любой предмет, созданный или обработанный человеком, выброшенный намеренно или попавший в водную среду или на берега случайно. Пластиковый мусор наносит особенный вред экосистемам суши и человека. Птицы, рыбы, животные запутываются в пластиковых сетях, пакетах; принимают пластик и микропластик (частицы менее 5 мм, на которые распадается крупный мусор) за еду и умирают, потому что пластик не переваривается. Микропластик легко попадает в цепь питания и может попасть к человеку на стол с рыбой или морепродуктами.

В мировой океан ежегодно попадает около 8 миллионов тонн пластика, причём большая часть (более 80%) отходов попадает в океан с суши. Это происходит благодаря ветру, рекам и человеческой деятельности. Чтобы понять, откуда берётся мусор в воде и на берегах, и как решить эту проблему, надо исследовать виды мусора и его происхождение.

Настоящая методология отражает международный подход к исследованиям морского мусора. В основе переведённой методологии лежат рекомендации и документы экспертов со всего мира: EU MSFD TG10 «Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas (2013)», the OSPAR «Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area (2010)» and the NOAA «Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment (2013)», учитывая проект «UNEP/MAP MEDPOL Monitoring Guidance Document on Ecological Objective 10: Marine Litter (2014)».

§ 1. Общие подходы к организации исследований

Исследования проводятся 4 раза в год:

1. Осень: середина сентября — середина октября.
2. Зима: середина декабря — середина января (для более южных бесснежных территорий).
3. Весна: апрель.
4. Лето: середина июня — середина июля.

Следует избегать плохих погодных условий, которые могут привести к созданию небезопасных условий проведения исследования.

Объектом исследования является зафиксированная часть пляжа от уреза воды до края пляжа. На участке пляжа необходимо собрать весь макро-мусор — это предметы, размером более 2,5 сантиметров. Размеры исследуемого участка: длина 100 м вдоль линии воды, ширина 10 м — от кромки воды вглубь пляжа. **Примечание редактора:** Такое расстояние вглубь пляжа выбрано, потому что это соответствует зоне заплеска, т. е. территории, на которую попадает все из воды. Её границу часто можно определить по плотной полосе тростника.

Исследуемая территория (преимущественно её дальняя от воды часть исследуемого участка) должна быть подробно описана с учётом береговых особенностей: растительность, дюны, дорога, ограждение и другие антропогенные сооружения, такие как дамба (или кучи гальки, или конкретные объекты).

Для максимально достоверных и показательных результатов на одном и том же пляже должны быть исследованы 2 участка длиной по 100 м, разделённые между собой дистанцией минимум 50 м. В каждом сезоне должны исследоваться одни и те же участки. Для того, чтобы отметить точки начала исследуемых участков рекомендуется использовать GPS координаты.

Рекомендации: В случае сильно загрязнённых пляжей рекомендуется исследовать 2 участка, длиной по 50 м каждый.

Для проведения исследования вам понадобятся:

- Формы протоколов: ЛИСТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПЛЯЖА, ЛИСТ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТАБЛИЦА ВИДОВ МУСОРА или сайт-приложение Marine LitterWatch.
- Фотокамера;
- Прибор определения GPS координат или мобильный телефон;
- Маркеры/флажки (чтобы отметить 4 угла обследуемой территории);
- Лента для измерения 100 м (можно использовать моток заранее отмеренной веревки 50–100 метров);
- Аптечка (вкл. средства от комаров, солнечных ожогов, питьевую воду);

- Защитные перчатки;
- Планшет с зажимом для бумаги и карандаш;
- Пакеты для мусора;
- Плотные контейнеры для сбора острых образцов;
- Соответствующая одежда;
- Весы (по возможности, для взвешивания собранного мусора).

Безопасность должна быть на первом месте во время проведения исследования. Пожалуйста, следуйте инструкции:

- Надевайте соответствующую погоде одежду. Надевайте закрытую обувь и перчатки, когда поднимаете даже кажущиеся безопасными предметы: у них могут быть острые края!
- Если вы нашли потенциально опасные предметы (напр., канистры из-под нефтепродуктов, химикатов, газа и т. п.) свяжитесь с представителями местной власти (напр. с Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности в Санкт-Петербурге), чтобы сообщить им эту информацию. Не трогайте и не пытайтесь перемещать такие объекты.
- Большие, тяжёлые объекты должны быть оставлены в том месте, где их обнаружили. Не пытайтесь перемещать такие объекты, т. к. внутри них может содержаться вода, что делает их ещё более тяжёлыми, и перемещения могут привести к травмам.
- Не проводите исследование при неблагоприятных погодных условиях.
- Позаботьтесь о наличии экстренной связи (мобильный телефон, радио).
- Узнайте о симптомах солнечного удара, чтобы распознать его и оказать первую помощь.
- Запасайтесь достаточным количеством воды.
- Команда исследователей должна состоять минимум из двух человек.
- Сообщите доверенным лицам место проведения исследования и время возвращения.

В методике используются три протокола.

1. Лист идентификации пляжа

В этот протокол вносится вся информация о пляже и исследователях. Информация поможет в дальнейшем проанализировать, какие

погодные или другие условия влияют на количество мусора на пляже, какие рельефные особенности есть у территории. Может быть заполнен после проведения мониторинга.

2. Лист исследования (100 м)

Сюда вписываются общие данные по наблюдению мусора.

3. Таблица видов мусора

В таблицу заносятся данные по всем видам мусора, обнаруженным во время проведения мониторингов. При подсчёте собранного с территории мусора форма позволяет разделить мусор на категории и проанализировать в дальнейшем.

§ 2. Порядок проведения исследования

2.1. Выбор участка

Участок выбирается в местах массового посещения, в относительной доступности от мест активного использования прибрежной зоны, например,

- вблизи от портов или гаваней;
- вблизи от устьев рек;
- вблизи от прибрежных городских районов;
- вблизи от туристических направлений.

Выбранный участок должен:

- быть в длину не менее 100 м;
- иметь небольшой наклон (~1.5–4.5°), который исключает маленький прилив. В закрытых заливах, бухточках, где приливов/отливов практически нет, это условие не важно (например, Невская губа Финского залива, Coronian Lagoon и др.);
- иметь открытый доступ к морю (незаблокированный волнорезами или насыпями) так, чтобы такие сооружения не препятствовали попаданию мусора из моря на пляж;
- быть доступным для исследования круглый год.

ВАЖНО!

- Исследовать целесообразно пляжи, где не проводится уборка. В случае, если пляж убирался, надо зафиксировать не только время проведения исследования, но

и время уборки, чтобы можно было вычислить уровень накопления мусора (количество мусора за единицу времени).

- Не должно быть опасности для находящихся под угрозой исчезновения видов, таких как редкие птицы, морские млекопитающие или береговые растения; во многих случаях это исключит из исследования охраняемые зоны, но это зависит от местного регулирования.

В каждом случае, эти критерии должны соблюдаться насколько возможно точно, с учётом ваших экспертных знаний и опыта в исследовании конкретных прибрежных районов и ситуаций с морским мусором для окончательного выбора пляжей для исследования.

2.2. Описание исследуемого участка до начала мониторинга

(Данные заносятся в Лист идентификации пляжа)

Перед тем, как начать исследование, необходимо:

1. Описать каждый участок и условия, в которых проводится исследование.
2. Записать GPS координаты участка.
3. Отметить все особенности исследуемого участка, включая тип почвы (песок, галька и т. п.), топографию пляжа, в каких целях пляж используется, удаленность от населённых пунктов, судоходство, устья рек и др.
4. Сделать фотографии для фиксации физических характеристик исследуемого участка.

2.3. Сбор и идентификация мусора

(Данные заносятся в Лист исследования и в Таблицу видов мусора)

Ограничений «сверху» по размеру фиксируемого мусора нет. Минимальный размер образцов должен быть не менее 2,5 см. Однако такие объекты, как окурки сигарет или крышечки, учитываются. В случае обнаружения особо больших и тяжёлых объектов, их достаточно просто зафиксировать, если невозможно доставить до ближайшей точки сбора мусора.

Все образцы, собранные на исследуемом участке пляжа, должны быть зафиксированы в таблице видов мусора. Каждый тип объектов

имеет свой идентификационный номер (левая колонка в Таблице видов мусора). В момент сбора мусора данные должны вноситься в таблицу видов мусора или на сайт — приложение Marine LitterWatch: <https://marinelitterwatch.discomap.eea.europa.eu/>

- Кусочки, которые могут быть идентифицированы, например, пакет, должны быть так и записаны в таблицу видов мусора в соответствующую строчку.
- Кусочки, которые невозможно идентифицировать, должны быть записаны в графы в соответствии со своим размером (в разделах G79–G83). Если образец невозможно определить, его следует записать в графы «Другое», сфотографировать и дать короткое описание. Впоследствии их можно будет добавить в Листы исследования.

Все учтённые образцы должны быть убраны с пляжа во время исследования.

Особо большие образцы, которые не могут быть безопасно убраны исследователями, необходимо пометить (например, краской-спреем) чтобы не зафиксировать их повторно. Собранный мусор должен быть утилизирован в надлежащем порядке: донесите его до ближайшей мусоросборной площадки, а лучше заранее договоритесь с местным муниципалитетом или переработчиками о вывозе собранного вами мусора.

2.4. Подсчёт мусора

В графах таблицы видов мусора, в которой учитываются все собранные образцы, должно быть подсчитано итоговое количество мусора по каждому типу мусора. Этот итог будет считаться количеством мусора данного типа на квадратный метр (м). По возможности основные категории типов мусора должны быть взвешены.

§ 3. Что можно сделать по итогам мониторинга?

Каждый мониторинг даёт представление о том, какой мусор распространён на данной территории (пляже, части пляжа или целом

берегу). Мировые данные учёных говорят о том, что пищевая упаковка и пластик составляют 80% морского мусора. Но, в процессе, вы узнаете, что каждая пляжная территория обладает уникальным составом мусора. Так, на одном пляже может преобладать одноразовая посуда, а на другом стекло или ватные палочки. Это зависит от разных причин: расположение пляжа, количество отдыхающих, направление ветров, количество водного транспорта и др. Но то, что мы можем проследить — это происхождение и потенциальные источники мусора. Именно на них надо направлять наши усилия по борьбе с мусором.

О чём говорят найденные нами предметы?

Найденные на пляже в большом количестве **средства личной гигиены и ватные палочки** — часто смываемые в унитаз предметы могут говорить об отсутствии очистки сточных вод и расположенном недалеко источнике бытовых сточных вод. В таком случае и качество воды может быть плохим.

Что можно сделать:

Имеет смысл информировать о ваших выводах местную администрацию и обратиться в санитарную службу (в нашем случае СЭС) с запросом об анализе сточных вод на микробиологические и нитратные загрязнения.

Найденный вами **обычный бытовой мусор** может быть оставлен отдыхающими, принесён ветром из незакрытых мусорных контейнеров или прибит к берегу течением с других пляжей. Но в любом случае источником является наше поведение: использование излишней упаковки товаров, покупка одноразовых вещей и выбрасывание мусора в природных территориях.

Что можно сделать:

— *покупать товары в меньшем количестве упаковки;*

— *отказаться от одноразовых вещей;*

— *отдавать отходы на переработку;*

— *договориться с местным муниципалитетом об установке мусорных контейнеров с крышками на пляжных территориях и рядом (особенно с пляжными кафе);*

— *договориться с местным муниципалитетом об установке табличек о вреде мусора и о правильном обращении с ним;*

— *и ещё то, что вы придумаете сами...*

Строительный мусор попадает на берега, как правило, из-за безответственного или неграмотного управления отходами на строительных площадках. В основном это части строительных мешков, куски утеплительных материалов (для стен и пола), пластиковые части отделочных материалов и прочее.

Что можно сделать:

— *написать жалобу в соответствующие надзорные органы (например, в нашем случае РОСПРИРОДНАДЗОР) или сообщить журналистам. Помните, что СМИ это прекрасный способ засвидетельствовать проблему и добиться решения.*

Продажа еды и напитков на берегу при отсутствии удобных мусоросборников часто является причиной большого количества мусора. Это такие виды мусора как одноразовые стаканы, салфетки, одноразовые тарелки и пластиковые вилки/ложки/ножи.

Что можно сделать:

— *написать замечания или предложения в жалобную книгу этого кафе;*

— *вы как покупатель можете проголосовать кошельком, не покупая здесь ничего;*

— *придать проблему огласке через СМИ;*

— *собрать ещё с десятков таких активных людей как вы, можете добиться решения проблемы, обратившись к местной власти.*

Если вы нашли **мусор издалека** — что-то похожее на стаканчик йогурта или другую вещь, не имеющую на упаковке наклейки на русском языке — возможно, что эти вещи попали на этот пляж с корабля (предметы из дальних стран — например, из Южной Африки или Латинской Америки) или их принесло течением (пищевая упаковка из соседних Балтийских стран).

Что можно сделать:

— *просвещать людей вокруг о том, что выбрасывать мусор в море неправильно;*

— *написать крупным компаниям перевозчикам просьбу разместить на их палубах таблички, предупреждающие о том, что бросать мусор в море нельзя.*

Не только ветер может быть причиной переноса мусора в воду или на берега, но и **птицы**, особенно, если неподалёку расположена **свалка** — место скопления большого количе-

ства мусора. Свалки рядом с берегами — причина большого количества проблем: от попадания химических веществ в подземные воды и далее в моря, реки, до запаха и переноса мусора на берег.

Что можно сделать:

— *Один в поле не воин, вы не сможете повлиять на размещение свалки одним письмом. Но если собрать инициативную группу или массово отправить обращения, заручиться поддержкой СМИ и знаменитых людей, живущих рядом — успех может быть достигнут;*

— *Как минимум, важно рассказать окружающим людям о том, какой вред приносит такое расположение свалки;*

— *И снова вспомните о том, что большая часть свалки — одноразовые вещи и упаковка. Просвещать людей об экологическом выборе покупок всегда важно.*

Если вы провели мониторинг, вы уже на пути решения проблемы. К сожалению,

здесь мы не можем написать о всех типах мусора, а также указать их точный источник. Это задача для вас, как жителя своего региона. Не останавливайтесь на проведённом исследовании: опубликуйте результаты, обсудите с местными жителями, что вы можете сделать для чистоты ближайших водных объектов, проведите акцию по просвещению населения о морском мусоре, добивайтесь положительных изменений на вашем пляже. Успехов!

P.S. Мы будем благодарны, если вы поделитесь результатами своих исследований. Их можно нанести на международную общественную карту исследований с помощью специального сайта — приложения Marine Litter Watch <https://marinelitterwatch.discomap.eea.europa.eu/>. По вопросам, связанным с методикой и проведением исследования, обращайтесь к эксперту по морскому мусору Елизавете на почту lizaveta.sergeevna@yandex.ru.

**Мониторинг Морского мусора на пляжах
ФОРМЫ ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Лист идентификации пляжа

Кто проводит исследования _____

Период проведения исследования день/мес/год _____

Название пляжа (если есть)

Ближайший город _____

Протяженность пляжа:

Тыльная часть пляжа (напр., обрыв, дюны и т. д.):

GPS координаты в начале 100 м

GPS координаты в конце 100 м.....

GPS координаты в начале береговой линии:

GPS координаты в тыльной части пляжа.....

Какая система координат используется

Преимущественные течения С В Ю З Преимущественные ветра С В Ю З

Если вы смотрите с берега на море, в каком направлении вы смотрите: С В Ю З

Тип пляжа (% покрытия) (напр., песок 60 %, гравий 40 %, песок с крупными валунами, трава, асфальт-бетон)

Топография пляжа (напр. уклон 20%):

Есть ли в море какие-либо объекты (напр., пирс), которые влияют на течения:

Основное использование пляжа (местные жители, купание и загар, рыбалка, серфинг, яхтинг и т. д.):

- | | | |
|---------|----------------------|-------|
| 1. | Сезонно или весь год | |
| 2. | Сезонно или весь год | |
| 3. | Сезонно или весь год | |

Доступ к пляжу: Машины Пешеходы Лодки*

Каково расстояние до ближайшего населённого пункта:

Расположение населённого пункта относительно исследуемого участка:.....

Количество населения (сезонно) этого населённого пункта:.....

Жители:

Жители и туристы

Зима
Весна
Лето
Осень

Туристы

Зима
Весна
Лето
Осень

Есть ли застройка за пляжем:

Нет Да, пожалуйста, опишите:.....

Есть ли места продажи еды или напитков: Да Нет

Каково расстояние от исследуемого участка до места продажи еды и/или напитков (км)

Работает ли это место круглый год: да нет Уточните:

Расположение места продажи относительно исследуемого участка*: С В Ю З

Расстояние от пляжа до ближайшего пути прохода кораблей (км):

Примерное количество кораблей в год:

Какие суда преимущественно проходят: торговые, рыболовные или все типы:

Расположение судового пути относительно исследуемого участка: С В Ю З

Расстояние до ближайшего порта (км):

Название порта:.....

Расположение порта относительно исследуемого участка: С В Ю З

Тип порта:.....

Размер порта (количество кораблей):.....

Расстояние от пляжа до ближайшего устья реки (км):.....

Название реки:.....

Расположение устья реки относительно исследуемого участка С В Ю З

Есть ли вблизи от пляжа выбросы, в т.ч. выбросы сточных вод.....

Расстояние от пляжа до точек выбросов (км):

Расположение точек выбросов относительно исследуемого участка: С В Ю З

Как часто пляж убирается: Ежедневно Еженедельно Ежемесячно Другое

Весь год/ Сезонно, уточните месяцы.....

Какой тип уборки используется: Ручной Механический

Кто ответственен за уборку:.....

Дополнительные комментарии и наблюдения о пляже:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Пожалуйста, добавьте:

1. Карту пляжа

2. Карту пляжа и окрестностей. Если уместно, пожалуйста, отметьте на этой карте следующее:

ближайший город места продажи еды ближайшая судовая линия

ближайший порт ближайшее устье реки точки выбросов

3. Карту региона

Дата заполнения листа:/...../.....

Ф.И.О. с кем можно связаться в случае возникновения вопросов и уточнений

E-mail:

Мониторинг Морского мусора на пляжах

Лист исследования (100 м)

Название пляжа:

Административный район, ближайший населённый пункт:

ФИО исследователя 1:

e-mail: телефон:

ФИО исследователя 2:

e-mail: телефон:

Общее количество исследователей: Дата исследования/...../.....(д/м/г)

Время начала исследования: Время окончания исследования:

Дополнительная информация:

Когда проводилась уборка пляжа:/...../.....

Уклонились ли вы от намеченных 100 м: Нет Да, уточните.....

Повлияли ли на исследование какие-либо погодные условия:

Ветер Дождь Снег Лед Туман Песчаный шторм Сильный прилив

Вы обнаружили запутавшихся или мёртвых животных: Нет Да, сколько:

Пожалуйста, опишите животное или запишите вид, если знаете:

Живое Мёртвое Животное запуталось в мусоре: Да Нет

Пол животного (если знаете): Возраст животного (если знаете).....

Если да, опишите, как животное запуталось и тип мусора.....

Были ли какие-то условия, которые повлияли на исследование? Например, следы на пляже (от уборки или другие), недавнее пополнение пляжа песком или другое, сложности в идентификации объектов и т. д. Пожалуйста, уточните:

.....

Были ли какие-то события, которые привели к появлению необычных типов или увеличению количества мусора? Пожалуйста, уточните:

.....

Таблица видов мусора

ARTIFICIAL POLYMER MATERIALS\ ИСКУСТВЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ			
Код	Наименование	Количество	Всего
G1	4/6-packyokes, six-pack rings\ упаковка-кольца от банок		
G3	Shopping Bags, incl. pieces\ пакеты для покупок вкл. их части		
G4	Small plastic bags, e.g. freezer bags, including pieces\ небольшие пластиковые пакеты, напр., для заморозки, вкл. Их части		
G5	Plastic bag collective role; what remains from rip-off plastic bags\ пластиковые пакеты общего назначения		
G7	Drink bottles<=0.5l\ питьевые бутылки <=0.5 л		
G8	Drink bottles>0.5l\ питьевые бутылки > 0.5 л		
G9	Cleaner bottles&containers\ бутылки и контейнеры от чистящих средств		
G10	Food containers incl. fast food containers\ пищевые контейнеры, вкл. фастфуд		
G11	Beach use related cosmetic bottles and containers, eg. Sun blocks\ упаковки от пляжной косметики		
G12	Other cosmetics bottles & containers\ упаковка от другой косметики		
G13	Other bottles & containers (drums)\ другие бутылки и контейнеры (бочки)		
G14	Engine oil bottles&containers<50 cm\ бутылки и контейнеры от машинного масла <50 см		
G15	Engine oil bottles&containers> 50 cm\ бутылки и контейнеры от машинного масла >50 см		
G16	Jerry cans (square plastic containers with handle)\ канистры (квадратные пластиковые контейнеры с ручкой)		
G17	Injection gun containers\ упаковки от строительного силикона		
G18	Crates and containers / baskets\ ящики, корзины		
G19	Car parts\ части от машин		
G21	Plastic caps/lids drinks\ пластиковые крышки от напитков		
G22	Plastic caps/lids chemicals, detergents (non-food) \ пластиковые крышки от химикатов, моющих средств (не пищевых продуктов)		
G23	Plastic caps/lid sun identified\ пластиковые крышки неизвестного происхождения		
G24	Plastic rings from bottle caps/lids\ пластиковые кольца от крышек бутылок		
G25	Tobacco pouches / plastic cigarette box packaging\ пластиковые упаковки от сигарет, табака		
G26	Cigarette lighters\ зажигалки		
G27	Cigarette butts and filters\ окурки, фильтры от сигарет		
G28	Pens and pen lids\ ручки, чернила		
G29	Combs/hair brushes/sunglasses\ расчески, солнечные очки		
G30	Crisps packets/sweets wrappers\ пакеты от чипсов, сладостей		
G31	Lolly sticks\ палочки от конфет		
G32	Toys and party poppers\ игрушки, хлопушки		
G33	Cups and cup lids\ чашки, крышки от чашек		
G34	Cutlery and trays\ столовые приборы, подносы		
G35	Straws and stirrers\ трубочки, мешалки		
G36	Fertiliser/animal feedbags\ упаковки от удобрений, корма для животных		
G37	Mesh vegetable bags\ сетки для овощей		
G40	Gloves (washing up)\ перчатки хозяйственные		
G41	Gloves (industrial/professional rubber gloves)\ перчатки рабочие (резиновые)		
G42	Crab/lobster pots and tops\ сетки на крабов		
G43	Tags (fishing and industry)\ ярлыки рыболовецкие и проф.		
G44	Octopus pots\ горшки на осьминогов		
G45	Mussels nets, Oyster nets\ сети на устриц, мидий		

Код	Наименование	Количество	Всего
G46	Oyster trays (round from oyster cultures)\ лотки для устриц (круглые)		
G47	Plastic sheeting from mussel culture (Tahitians)\ пластиковое покрытие для разведения мидий («Таитянки»)		
G49	Rope (diameter more than 1 cm)\ канат (диаметр > 1 см)		
G50	String and cord (diameter less than 1 cm)\ Лески, шнуры (диаметр < 1 см)		
G53	Nets and pieces of net < 50 cm\ Сети, их части < 50 см		
G54	Nets and pieces of net > 50 cm\ Сети, их части > 50 см		
G56	Tangled nets/cord\ запутанные сети, лески		
G57	Fish boxes – plastic\ пластиковые ящики для рыбы		
G58	Fish boxes – expanded polystyrene\ ящики для рыбы из дутого полистирена (PS, 6)		
G59	Fishing line/monofilament (angling)\ леска		
G60	Light sticks (tubes with fluid) incl. packaging\ светящиеся палочки (тубы с жидкостью) вкл. упаковки		
G62	Floats for fishing nets\ поплавки от рыболовецких сетей		
G63	Buoys\ буи		
G64	Fenders\		
G65	Buckets\ ведра		
G66	Strapping bands\ крепёжные ленты		
G67	Sheets, industrial packaging, plastic sheeting\ промышленная упаковка		
G68	Fibre glass/fragments\ Фиброгласс, фрагменты		
G69	Hard hats/Helmets\ каски, шлемы		
G70	Shotgun cartridges\ патроны		
G71	Shoes/sandals\ обувь, сандалии		
G72	Traffic cones\ дорожные знаки - конусы		
G73	Foam sponge\ отвердевшая монтажная пена		
G79	Plastic pieces 2.5 cm > < 50 cm\ кусочки пластика 2,5–50 см		
G80	Plastic pieces > 50 cm\ кусочки пластика > 50 см		
G82	Polystyrene pieces 2.5 cm > < 50 cm\ кусочки полистирена 2,5–50 см		
G83	Polystyrene pieces > 50 cm\ кусочки полистирена > 50 см		
G84	CD, CD-box\ диски и упаковка от дисков		
G85	Salt packaging\ упаковки от соли		
G86	Fin trees (from fins for scuba diving)\ распорки для ласт		
G87	Masking tape\ изолента		
G88	Telephone (incl. parts)\ телефон, вкл. части		
G89	Plastic construction waste\ строительный мусор		
G90	Plastic flower pots\ цветочные горшки		
G91	Biomass holder from sewage treatment plants\ запчасти очистных сооружений		
G92	Bait containers/packaging\ контейнер для приманки		
G93	Cable ties\ кабельные стяжки		
G95	Cotton bud sticks\ ватные палочки		
G96	Sanitary towels/panty liners/backing strips\ прокладки		
G97	Toilet fresheners\ освежители для воздуха		
G98	Diapers/nappies\ подгузники		
G99	Syringes/needles\ шприцы, иглы		
G100	Medical/Pharmaceuticals containers/tubes\ медицинские контейнеры		
G101	Dog faeces bag\ пакеты для собачьих фекалий		
G102	Flip-flops\ вьетнамки		
G124	Other plastic/polystyrene items (identifiable)\ другие пластиковые\ полистиреновые предметы (неидентифицируемые)		
		Общий вес (кг)	

RUBBER\ РЕЗИНА			
Код	Наименование	Количество	Всего
G125	Balloons and balloon sticks\ воздушные шары и палочки от них		
G126	Balls\ мячи		
G127	Rubber boots\ резиновая обувь		
G128	Tyres and belts\ шины и ремни		
G129	Inner-tubes and rubber sheet\ трубки, листы		
G130	Wheels\ колеса		
G131	Rubber bands (small, for kitchen/household/post use)\ ленты (хозяйственные, почтовые и т. д.)		
G132	Bobbins (fishing)\ катушки (рыболовецкие)		
G133	Condoms (incl. packaging)\ презервативы (вкл. упаковку)		
G134	Other rubber pieces\ другие кусочки резины		
		Общий вес (кг)	

CLOTH/TEXTILE\ ОДЕЖДА, ТЕКСТИЛЬ			
Код	Наименование	Количество	Всего
G137	Clothing / rags (clothing, hats, towels)\ одежда, тряпки		
G138	Shoes and sandals (e.g. Leather, cloth)\ обувь		
G139	Backpacks & bags\ сумки		
G140	Sacking (hessian) \ мешковина		
G141	Carpet&Furnishing\ ковры и покрывала		
G142	Rope, string and nets\ канаты, нитки, сети		
G143	Sails, canvas \ паруса, полотна		
G144	Tampons and tampon applicators\ тампоны и аппликаторы		
G145	Other textiles (incl. rags)\ другой текстиль, вкл. тряпки		
		Общий вес (кг)	

PAPER/CARDBOARD \ БУМАГА, КАРТОН			
Код	Наименование	Количество	Всего
G147	Paper bags\ бумажные пакеты		
G148	Cardboard (boxes & fragments)\ картон (коробки, части)		
G150	Cartons/Tetrapack Milk\ картон.коробки, Тетрапак от молока		
G151	Cartons/Tetrapack (others)\ картон.коробки, Тетрапак другие		
G152	Cigarette packets\ упаковки от сигарет		
G153	Cups, food trays, food wrappers, drink containers\ пищевые: чашки, лотки, упаковки, контейнеры		
G154	Newspapers & magazines\ газеты, журналы		
G155	Tubes for fireworks\ тубы от фейерверков		
G156	Paper fragments\ части бумаги		
G158	Other paper items\ другая бумага		
		Общий вес (кг)	

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ МИКРОПЛАСТИКОМ

Пластиковое загрязнение — один из главных вызовов современности. Пластик разлагается столетиями и, с учётом ежегодно возрастающего объёма производства, ещё долго останется проблемой. Более того, крупные пластиковые объекты, попадая в водную среду, «распадаются» на мелкие частицы под воздействием волн и ультрафиолетовых лучей. Таким частицам размером менее 5 мм учёные дали специальное название — микропластик.

Микропластик — невидимая проблема. С помощью гражданской науки можно показать людям эти невидимые невооружённым глазом частицы и рассказать о серьёзности проблемы и путях её решения. Данная методика направлена на оценку концентрации микропластика в водных объектах и адресована каждому человеку, заинтересованному в изучении пластикового загрязнения. Активисты, педагоги и школьники, студенты, местные жители могут стать общественными наблюдателями и внести вклад в изучение проблемы. Мы будем благодарны, если вы поделитесь с нами результатами своих исследований и мы сможем нанести их на открытую карту общественных исследований микропластика в водоёмах. Свои данные в формате заполненного протокола отправляйте на электронный адрес lizaveta.sergeevna@yandex.ru.

Гражданская наука — это одно из редких общественных явлений, которое полезно всем. Людям нравится заниматься наукой, учёным и научным учреждениям удаётся проводить масштабные исследования, которые без участия добровольцев были бы просто невозможны. Есть, например, глобальная инициатива по оценке микропластикового загрязнения — Adventure scientists. С 2013 по 2017 год обученные волонтеры со всего мира отбирали пробы. На основе этого процесса было выпущено несколько научных статей. При этом если посмотреть на карту, то на территории России не было проведено ни одного такого исследования.

Проблема микропластика для науки новая — прошло ещё слишком мало времени с начала исследований, чтобы сделать какие-то выводы о распределении, скорости накопления, циркуляции микропластика в мировом океане и местных водных объектах. В России

исследований микропластика проводится ещё меньше, чем за рубежом, далеко не все профильные научные институты вовлечены в работу по проблеме пластикового загрязнения. Поэтому нам сейчас особенно важно создавать базу данных содержания микропластика для российских водоёмов, с которой позже смогут работать учёные, моделировать процессы и рассказывать нам — общественности — о полученных результатах.

Метод фильтрации для отбора проб и визуальной идентификации для анализа, которые являются основой этой методологии, довольно часто используются зарубежными и российскими учёными для проведения исследований микропластика, при этом такой тип исследования доступен и обычным людям. Отбор и анализ проб не требует дорогостоящего и редкого оборудования, для работы с которым важно профессиональное образование.

Эта методология довольно универсальна и подходит для исследований разных водных объектах — мы уже применяли её для канала, реки, озера и даже залива. В море или заливе можно увидеть проблему уже в «интегральном» виде — в море попало все, что идет с водотоками, а к ним добавляются ещё и морские источники. В реках — интересно, что и откуда попадает в реку и что река вынесет в море. Даже в озере интересно, т. к. там могут быть локальные антропогенные источники.

Когда вы проведете исследование, не останавливайтесь на этом! Общественные исследования можно считать сигнальными для профессионалов, поделитесь и обсудите с ними результаты. Возможно, они смогут сделать более глубокие выводы о характере загрязнения или обобщить и сравнить полученные данные сразу от нескольких исследователей. Нанесите данные на общественную карту. Пригласите коллег/партнёров/знакомых, поделитесь с ними информацией, покажите им проблему, о которой они, возможно, даже не задумывались. Поразмышляйте о том, как найденный микропластик мог туда попасть и, что можно сделать, чтобы сократить попадание. Распространите информацию, чтобы больше людей узнали об этом и присоединились к исследованиям и решениям.

§ 1. Подготовка оборудования для отбора проб

1.1. Материалы для сборки фильтровальной установки

Муфта пластиковая надвижная с уплотнительными прокладками, диаметром 110 мм (соединительная муфта для фановых труб) — этот вариант удобнее для фильтрования воды или 50 мм — этот вариант удобнее для анализа фильтра под микроскопом.

- Переход пластиковый (полипропилен), по диаметру плотно стыкующийся с муфтой (эти материалы продаются в магазинах сантехники) (собрать фильтр возможно и без него).
- Ткань «Мельничный газ» диаметром ячеей 50–100 мкм (продаются в магазинах аквариумистики),
- и/или нейлоновые сетчатые фильтры/ ткань полиамидная с диаметром ячеей 50–100 мкм. Такие ткани можно купить в магазинах, продающих лабораторное оборудование.

1.2. Сборка фильтра

- Вырезать из полотна газа или нейлонового фильтра квадрат (круг), размером (диаметром) на 5–10 см больше, чем диаметр фильтровальной установки — фильтрующая основа.
- Накрыть ей просвет перехода или муфты.



- Кусок трубы меньшего диаметра разместить над первым, накрытым фильтрующей тканью, тщательно расправить ткань и равномерно надавить на трубу так, чтобы она плотно вставилась в нижний кусок трубы.



- Проверить на просвет, что на фильтрующей основе (ткани) нет складок. Крайне желательно чтобы края фильтра не попадали внутрь трубы, т. к. в пробу с них могут попасть отдельные нити нейлона.

1.3. Общие рекомендации к изготовлению фильтра

Фильтровальную установку можно собрать другими способами. Её можно изготовить из различных материалов: пластиковых сантехнических элементов, металлических конструкций (из нержавеющей стали), их комбинаций, сшить из фильтрующего материала и прочее. Например, в качестве «сита» можно использовать не только синтетическую ткань (мельничный газ), но и металлическую сетку. Главное — фильтрующий материал должен иметь одинаковые на всей своей поверхности ячейки достаточно мелкого размера для поставленных целей. Кроме того, материал должен быть достаточно прочным.

Главное, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

Вся суть отбора пробы из природного водоёма для обнаружения в ней частиц микропластика сводится к тому, чтобы профильтровать большое количество воды через «сито», которое эти частицы сможет задержать.

Предназначение установки для фильтрования состоит в том, чтобы надёжно зафиксировать фильтрующую основу в положении, а) удобном для фильтрования через неё большого количества воды, б) не допускающем протечек и потерь при фильтрации, в) удобном для извлечения фильтрующей основы («сита»), исключая потери.

§ 2. Отбор проб природной воды для выявления загрязнения микропластиком

2.1. Необходимое оборудование для отбора проб

- фильтровальная установка,
- ведро или канистра известного объёма (5–10 л оптимально),
- стеклянная банка с крышкой объёмом до пол-литра,
- рыбацкие резиновые сапоги (болотники) или вейдерсы, (необязательно если на

месте отбора проб есть мостки или для отбора не придется заходить в воду),

- «ценник» — этикетка или клей и бумага, чтобы наклеить на банку (промаркировать пробу),
- ручка и блокнот,
- дистиллированная вода,
- лейка (если пролив воды проходит через фильтровальную установку с диаметром меньше 100 мм),
- канцелярская резинка (необязательно).

2.2. Последовательность действий

1. Компоненты фильтровальной установки перед первым применением обязательно тщательно промыть большим количеством водопроводной воды. Промывать следует каждую часть (кроме фильтровальной ткани) отдельно в разобранном виде. По возможности, после промывания водопроводной водой, сполоснуть всё дистиллированной водой. На месте отбора пробы установку и ведро (канистру) снова выполоскать водой из водоёма/водотока, чтобы избежать загрязнения установки во время транспортировки.
2. Собрать фильтровальную установку.
3. На водоёме определить место отбора проб — у берега, где возможно обеспечить глубину более 0,5 метров, или на мостках, если они расположены не высоко над водой и на них можно разместиться двум человекам.
4. Сделать запись в полевом блокноте: отметить дату отбора пробы, погодные условия, местоположение пробы. Желательно сделать отметку GPS-координат. Инструкцию о том, как снять GPS-координаты, вы найдёте в Протоколе отбора проб. Описать местность: течение, характер дна, наличие растений в воде, цвет воды, наличие следов активности человека (пляж, лодки, рыбацкие стоянки, мусор и прочее), по возможности выяснить наличие осадков и их мощность в течение суток до отбора пробы.
5. Для отбора пробы оптимально участие двух человек. Один участник работает с ведром или канистрой, второй — с фильтровальной установкой (см. фото).
6. Для отбора пробы участники входят в воду на максимально возможную глуби-



ну (не менее 0,5 м), или размещаются на мостках. Если отбор проб проводится в воде, необходимо занять удобное положение против течения, спокойно постоять некоторое время, чтобы взмученный донный грунт осел и ушёл вниз по течению. При отборе проб по дну водоёма не перемещаться, чтобы не поднимать муть. Если грунт взмутился по какой-либо причине, сделать перерыв, или поменять место отбора пробы.

7. Для сбора материала необходимо начерпывать воду из водоёма, при этом ведро или канистра полностью погружаются в воду, чтобы в пробу попадала вода из толщи, а не с поверхности. При этом необходимо следить за тем, чтобы не задевать дно водоёма и не взмучивать донные отложения.
8. Наполненное ведро или канистра (до метки объёма) затем медленно проливается через фильтровальную установку. В полевом блокноте надо регистрировать объём пролитой воды.
9. Держать фильтровальную установку необходимо ниже по течению от места отбора пробы, чтобы избежать попадания профильтрованной воды в следующее ведро. Во время отбора проб фильтровальную установку всегда держать вертикально и не переворачивать до окончания отбора, чтобы частицы не смогли выпасть с поверхности фильтра.
10. Если в фильтровальной установке установлен фильтр с крупной ячейей (более 100 мкм), то фильтрование продолжать до суммарного объёма профильтрованной воды 100–200 л или более. Если исполь-

зуются фильтр с меньшей ячейей, то фильтрование продолжается до тех пор, пока вода проходит через фильтр. Как только ток воды через фильтр затрудняется (фильтр «забивается») фильтрование прекращается. Обычно, это происходит через 50–70 литров (если размер ячеей фильтра 50–100 мкм), однако в летний период на некоторых водоёмах возможно очень быстрое забивание фильтра водорослями. В этом случае объём профильтрованной воды может быть даже меньше 10 литров.

11. В полевом блокноте фиксируется суммарный объём пролитой воды.

Во время отбора проб не стоит торопиться. Действия совершать спокойно, без суеты, аккуратно. Следить за тем, чтобы вода не проливалась мимо фильтра, фильтр не протекал. Фильтрование осуществляется прямо в водоёме, и профильтрованная вода непосредственно возвращается в водоём.

12. Проба для определения содержания микропластика представляет собой все частицы, оставшиеся на фильтрующей основе. Дальнейшая задача — сохранить все частицы на фильтре, извлечь его из фильтровальной установки, транспортировать до места дальнейшей обработки. Чтобы извлечь фильтрующую основу из установки, необходимо аккуратно разобрать установку, при этом не переворачивать её. Крепко держа нижнюю основу вместе с краями фильтра, аккуратно потянуть вверх верхнюю часть установки. Далее достать фильтр, держать его поверхностью с частицами вверх.
13. Если фильтрующая основа больше использоваться не будет, её аккуратно сложить стороной с частицами внутрь, не прикасаясь к поверхности, где эти частицы собирались. Аккуратно положить фильтр в чисто вымытую (как и сама установка, см. п. 1) стеклянную банку. Можно сложить фильтр углами вверх так, чтобы осажённые частицы были внутри, и завязать его с помощью канцелярской резинки.
14. Если же фильтрующую основу планируется использовать дальше для отбора следующих проб или других исследований, тогда в чистую стеклянную банку необходимо

налить немного (до половины объёма банки) профильтрованной через установку воды (стоит позаботиться об этом заранее, при отборе пробы). Фильтр опустить в банку с профильтрованной водой и тщательно выполоскать. Держать фильтр при этом следует с помощью пинцета.

15. Банку закрыть крышкой (желательно металлической, новой), подписать пробу. Для этого удобно использовать магазинные «ценники» или то, что можно наклеить на банку. На «ценнике» написать дату отбора пробы, название водоёма и точки отбора, объём профильтрованной воды, диаметр ячеей фильтрующей основы, фамилию и имя ответственного за отбор, контактные данные (моб. телефон и e-майл). «Ценник» — этикетку приклеить к банке (не к крышке), предварительно насухо протерев место приклеивания.
16. Проба должна быть обработана в ближайшие 4 дня. При хранении пробы более суток, её необходимо помещать в холодильник.

§ 3. Лабораторные исследования проб на содержание микропластика

3.1. Необходимое оборудование для анализа проб

- микроскоп,
- предметное стекло,
- чашка Петри,
- дистиллированная вода,
- пипетка,
- игла швейная,
- стеклогрaф или маркер по стеклу (необязательно),
- фотокамера,
- протокол.

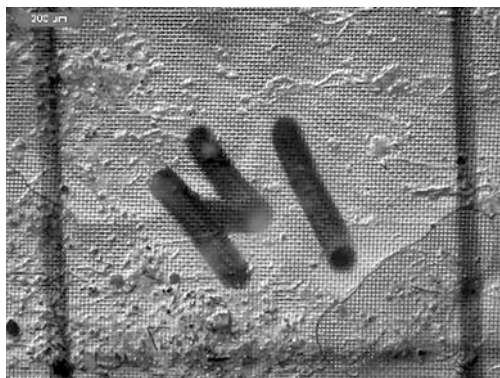
3.2. Хранение пробы

Пробы необходимо помещать в холодильник. Хранить пробы желательно непродолжительное время и стараться обработать их как можно раньше, т. к. в них содержатся и живые организмы, которые со временем умирают, разлагаются, или наоборот размножаются, проба может «протухнуть».

3.3. Работа с пробой

Чтобы начать работу с пробой, выньте фильтр (сетку) из банки. Положите фильтр на предметное стекло или чашку Петри. Просматривайте фильтр в микроскопе, двигаясь челночным шагом от края к краю. Отмечайте в протоколе обнаруженные частицы пластика (цвет, форма, размер частиц).

Для удобства и организации последовательного просмотра стекло или чашку можно расчертить по квадратам с номерами (на рисунке 4 показано, как это будет выглядеть под микроскопом). Это поможет не запутаться в том, какой кусок пробы вы уже рассмотрели.



Авторы методологии в своей работе используют микроскопы с увеличением 40–1600 крат. Этого хватает для того, чтобы определить частицы размером чуть менее 1 мкм и более крупные. Можно использовать любые другие микроскопы и с меньшим увеличением (есть успешный опыт исследований с микроскопами с увеличением, например, 600 крат), тогда размер обнаруживаемых частиц будет больше. Увеличение в 1600 крат помогает только уточнить материал частицы (разглядеть отсутствие клеточной структуры или увидеть переливы, например), но удобнее проводить оценку частиц в пробе на более мелком увеличении (до 1000 крат)

Просмотр пробы на сетке позволяет легко оценить размер микропластиковой частицы: если размер ячеек вашего фильтра, например, 100 мкм, частица длиной в три ячейки будет равна примерно 300 мкм. Оценка размера частиц необходима в первую очередь для сопоставимости результатов. Разные микроскопы позволяют увидеть частицы разных размеров, разные фильтры позволяют уловить частицы разного размера. Пожалуйста, поль-

зуйтесь предложенной в протоколе отбора проб классификацией частиц по размеру.

Если вам плохо видно пробу при просмотре, попробуйте немного намочить её дистиллированной водой с помощью пипетки (так, сетка прилипнет к стеклу и, возможно, станет видно лучше). Если и после этого сетка выглядит размыто, попробуйте изменить фокусировку.

В зависимости от того, сколько было профильтровано воды через фильтр, рассчитайте концентрацию частиц на 1 литр. Фотографируйте частицы при помощи видеоокуляров, если есть возможность, не забудьте отметить на фото размер ячеек, чтобы был понятен размер частицы.

3.4. Определение пластиковых частиц

Некоторые критерии для идентификации микропластика:

1. Микропластик — это твердые частицы синтетических полимеров менее 5 мм в диаметре,
2. Частицы микропластика не имеют клеточной структуры, что позволяет отличить их от органических материалов (кусочков растений, животных),
3. Если это волокна — то они должны быть одинаково толстыми/тонкими на протяжении всей длины. Часто бывают перекрученными, как лента. Иногда можно наблюдать изнашивание или рваные концы.
4. Пластиковые частицы часто имеют четкий и однородный цвет. Из этого правила есть несколько исключений: отбеленные частицы и частицы, со следами органических загрязнений.
5. Частицы пластика часто имеют неестественный для органики цвет (синий, красный и другие) и, возможно, блеск (но не перламутровое переливание, которое наблюдается у песчинок).

Что ещё можно увидеть на фильтре:

- Водоросли
- Частицы соли и песка
- Части животных и скелетов
- Древесные частички

Чтобы не принять биологический материал за микропластик, можно сдавить подозритель-

ную частицу с помощью, например, иглы. Если она рассыпается или распадется на части, то это не пластик. Если частица сохраняет форму, то это пластик. Также, можно проверить частицы с помощью горячей иглы — пластик от нагревания изменит форму (нитка завьётся).

В цветной вкладке вы найдете фото проб, которые помогут определить микропластиковые частицы. Также, предлагаем воспользоваться гидом по идентификации микропластиковых частиц:

Hidalgo-Ruz, V.; Gutow, L.; Thompson, R.C.; Thiel, M. (2012) — Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46:3060-3075. DOI:dx.doi.org/10.1021/es2031505

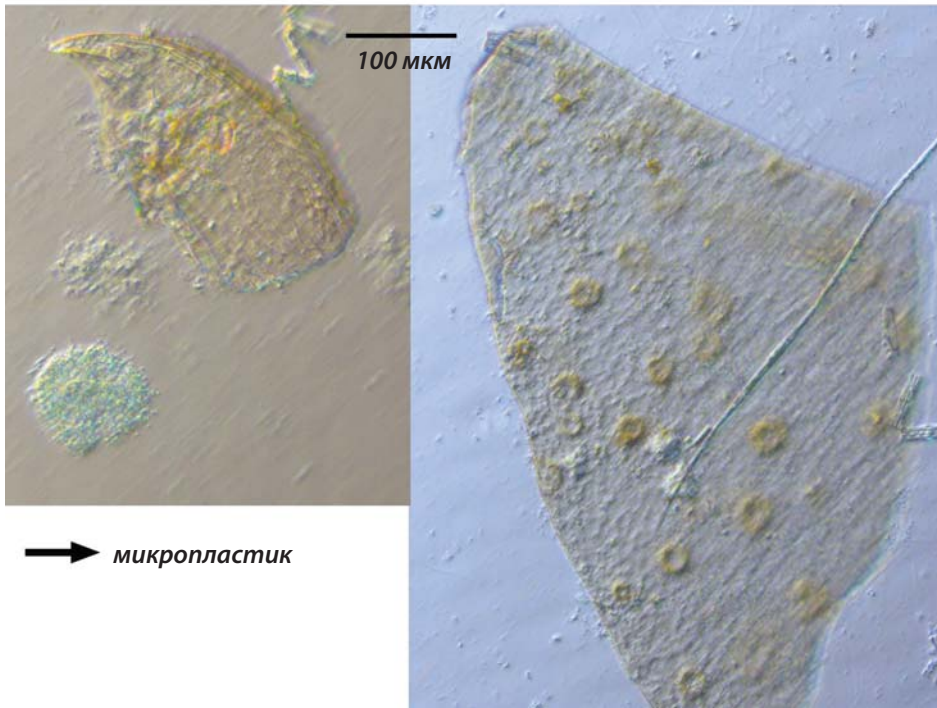
3.5. Правила работы для снижения вероятности загрязнения пробы во время анализа

- Держите пробу закрытой, если вы не работаете с ней.
- По-возможности используйте стеклянное оборудование (чашка Петри, банка для транспортировки фильтра).
- Протирайте все поверхности перед работой. Рекомендуется использовать губку или тряпку яркого цвета. Все части, найденные от губки, будет легче определить как фоновое загрязнение, которое не надо учитывать в результатах.
- При исследованиях надевайте одежду из хлопка или натурального волокна. Избегайте попадания синтетических материалов в лабораторию.

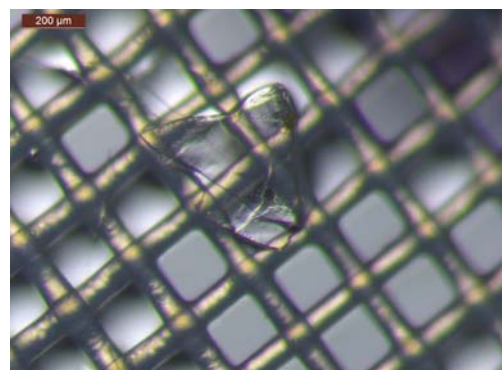
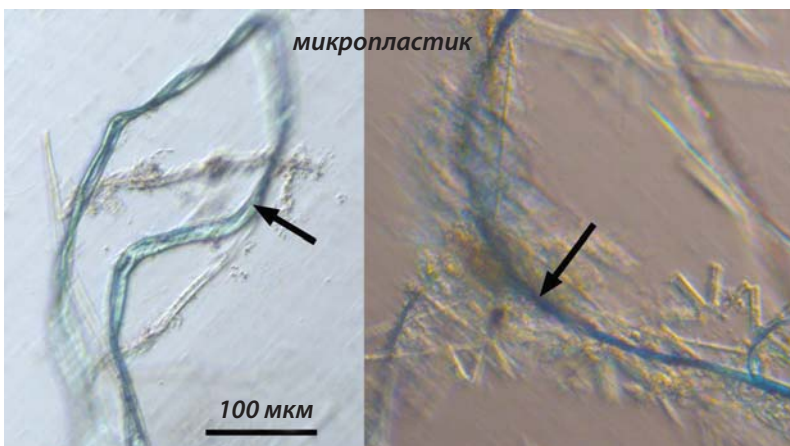
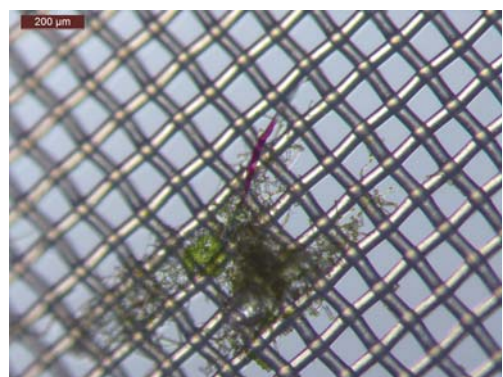
Фото проб (цветная вкладка)

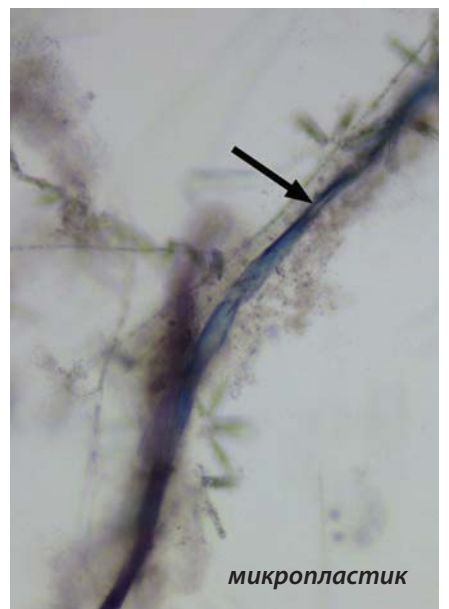
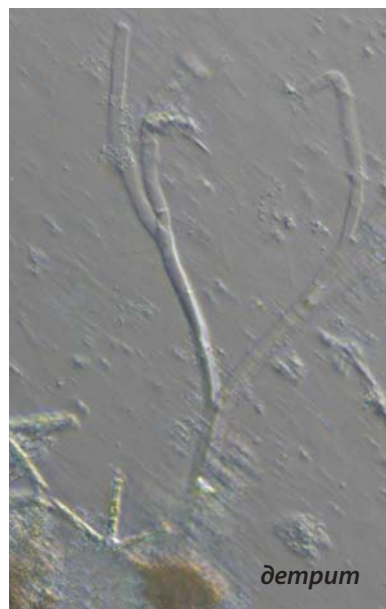
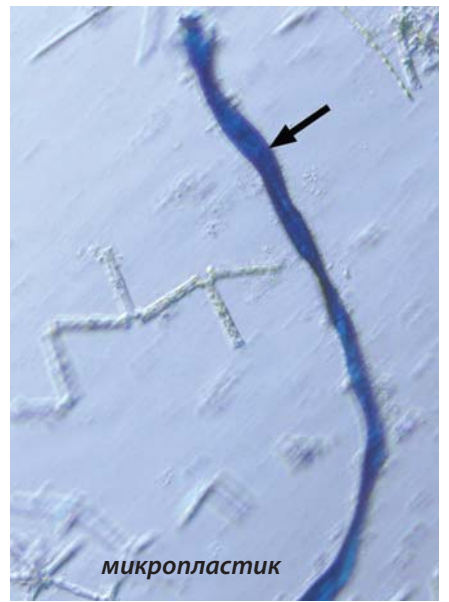
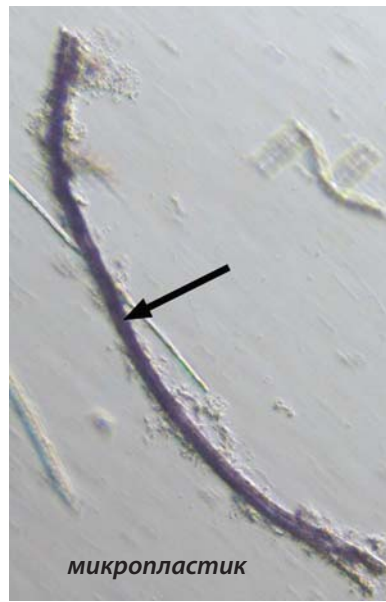
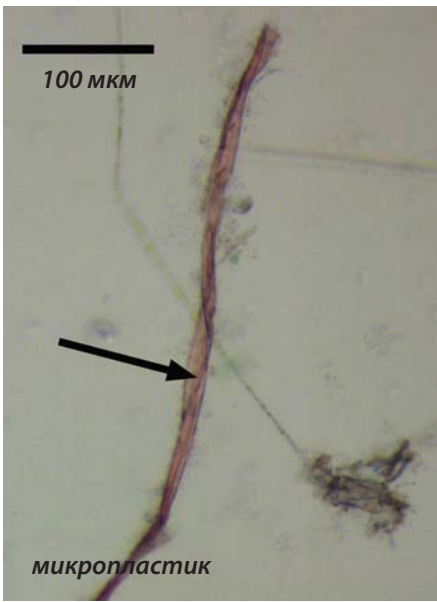
На вкладке представлено несколько иллюстраций, которые помогут вам идентифицировать микропластик.

Фото проб



Всё остальное — детрит





**Протокол отбора проб природной воды
для оценки микропластикового загрязнения**

Дата отбора проб: _____

ФИО руководителя группы: _____

Образовательное учреждение: _____

E-mail и телефон руководителя группы: _____

Название водоёма и ближайший адрес: _____

GPS координаты точки отбора (ниже вы найдете инструкцию, как снять GPS координаты при помощи смартфона и что делать, если у вас не получилось снять координаты): _____

Опишите местность (характер дна, течение, наличие растений в воде, цвет воды, наличие следов активности человека (пляж, лодки, рыбацкие стоянки, мусор и прочее), по возможности выясните наличие осадков и их мощность в течение суток до отбора пробы): _____

Погодные условия: _____

Количество отфильтрованной воды: _____

Тип микроскопа: _____

В зависимости от цели исследования, используйте одну (желательно по размеру) или одновременно обе таблицы для фиксирования количества частиц.

Цвет/ Форма частиц	Синие	Красные	Прозрачные	Белые	Черные	Зеленые	Другие цвета
Круглые							
Нитевидные							
Угловатые							
Другая форма							
Всего							

Размер частиц:	Менее 1 мкм	1 мкм – 1,5 мм	1,5 мм – 5 мм
Частиц в пробе:			

Всего частиц в пробе: _____

Частиц на литр: _____

Как снять GPS координаты при помощи смартфона или планшета

- Для iPhone.** Откройте приложение «Карты». Если вы хотите снять координаты точки, в которой вы находитесь, дождитесь момента, когда приложение покажет, где вы. Нажмите на точку и держите пару секунд. Внизу появится окно «моя геопозиция», пролистните его вниз. После адреса места будут указаны широта и долгота. Если вы уже ушли с места отбора проб, найдите его на карте в приложении и выполните те же действия.
- Для всех смартфонов.** Скачайте приложение maps.me, откройте его. Приложение покажет ваше местоположение значком «синяя стрелка». Нажмите на эту стрелку, внизу появится надпись «мое местоположение», нажмите на нее, ниже появятся ваши координаты. Если вы уже ушли с места отбора проб, найдите его на карте в приложении и выполните те же действия.
- Если у вас не получилось узнать GPS-координаты,** распечатайте карту местности, в которой производился отбор проб и отметьте место ручкой или маркером. Фото или скан карты отправьте вместе с протоколом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10. ПРОТОКОЛ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЁМОВ

Информация о наблюдателях

Школа (№, название), класс, общественная группа: _____

Количество участников _____

Учитель/руководитель (ФИО полностью) _____

Место наблюдения: _____ Дата наблюдения: _____

Основные исследования

1. Пройдитесь вдоль берега пятьсот метров. Как выглядят окрестности, береговой склон и дно? Запишите несколько ключевых слов, которые помогут вам описать место наблюдения. Составьте схему участка и приложите её к отчету.

2. Водоём какого типа вы наблюдаете?

Река/ручей Озеро Пруд

Затенена ли поверхность воды?

3. Многие водные животные предпочитают жить в тени. Им не нравится, когда вода слишком нагревается. Взгляните на воду, ближе к берегу — есть ли тень?

Да Нет Есть, но не везде

Растения у воды и в воде

Оглянитесь вокруг! Какие растения вы видите? Зайдите в воду по возможности дальше, так, чтобы вы могли рассмотреть растения, плавающие по поверхности, растущие у берега, и такие, которые пронизывают толщу воды. Даже если вы не знаете названий всех растений, вы все же можете различить множество видов растений.

4. Сосчитайте виды растений, которые вы обнаружили вблизи уреза воды на берегу и в воде. Мы обнаружили _____ видов растений.

5. Каких растений больше всего вблизи берега?


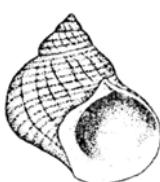

6. Каких растений больше всего в воде?


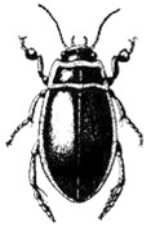










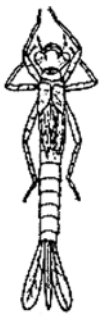

7. Какие же растения тебе удалось найти? Заполни таблицу. Нанеси растения на схему участка пояса водной растительности.

<p>1. Ежеголовник</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>2. Рогоз широко- и узколистый</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>А. Какие ещё растения, растущие у уреза воды, ты нашёл?</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>3. Рдест продырявленный</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>4. Элодея канадская</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>В. Какие ещё растения, погруженные в воду, ты нашёл?</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>5. Кубышка желтая</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>6. Ряска</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>С. Какие ещё растения с плавающими листьями ты нашёл?</p> <hr/> <hr/> <hr/>

Водные животные

8. Множество животных обитает в толще воды и на дне. Воспользуйтесь сачком чтобы поймать животных, ищите в зарослях растений, под корягами и камнями. Положите собранный материал в белый плоский поднос с чистой водой и изучите его. Наполните водой несколько меньших сосудов и попробуйте рассортировать животных. Внесите ответы в таблицу. Помните, что иногда рисунки просто обозначают группы животных, и лишь изредка — конкретные виды. Они имеют различные масштабы, поэтому не пытайтесь сравнивать их друг с другом. Скорее всего, вы найдете гораздо больше разных животных, а также их личинок и икру.

<p>1. Рыба</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>2. Брюхоногие моллюски</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>3. Двустворчатые моллюски</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 
--	--	--

<p>4. Лягушки, жабы, тритоны</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>5. Жуки-плавунцы</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>6. Жуки-вертячки</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 
<p>7. Водяной скорпион</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>8. Водомерки</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>9. Гребляки и гладыши</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 
<p>10. Водяные пауки и клещи</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>11. Черви</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>12. Пиявки</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 
<p>13. Личинки комаров, мошкеры</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>14. Бокоплавцы</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>15. Водяной ослик</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 
<p>16. Личинки стрекоз</p> <p><input type="checkbox"/> нет</p> <p><input type="checkbox"/> несколько</p> <p><input type="checkbox"/> много</p> 	<p>17. Раки</p> <p>Измерь найденного рака от глаз до кончика хвоста и запиши его размеры длина _____ см</p> 	<p>18. Другие животные. Ты нашёл кого-то другого? Запиши!</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

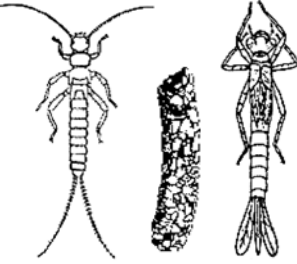
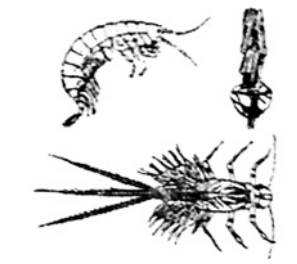
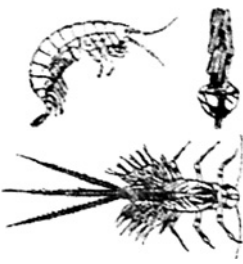

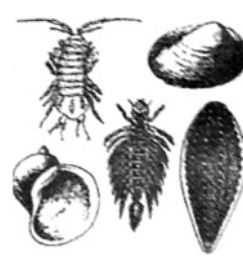
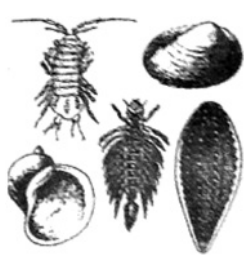




9. Помести одно животное в малый контейнер, понаблюдай за ним. Ответ на следующие вопросы, аргументируй ответы.

- Это животное питается другими животными или растениями?
- Как оно дышит?
- Где именно в воде обитает это животное? Почему?
- Подходит ему его название, или ты хотел бы дать другое? Какое?

Экспертиза качества воды

10. Если вы поймали много разных животных, попытайтесь рассортировать их по группам, указанным в таблице. Некоторые из них живут только в чистой воде, а другие могут жить и в загрязнённой. С их помощью можно определить, чистый или грязный водоём вы исследуете. Личинки стрекоз, подёнок, веснянок, вислокрылок и ручейников не выносят загрязнения воды.

Так какая же вода в вашем водоёме? _____

Очень чистая вода, обогащённая кислородом	Лёгкое загрязнение	Загрязнённая вода	Чрезвычайно грязная вода, недостаток кислорода
	Личинки веснянок отсутствуют	Личинки веснянок отсутствуют	Личинки веснянок отсутствуют
		Личинки веснянок, подёнок и ручейников отсутствуют	Личинки веснянок, подёнок и ручейников отсутствуют
			Другие животные отсутствуют
			

Дно

11. Различные типы дна привлекают различные виды растений и животных. Отметьте наиболее часто встретившийся вам тип дна цифрой 1, цифрой 2 — следующий, и т. д.; не отмечайте тот тип дна, который вы не обнаружили.

Каменистое _____

Каменистое, камни более 20 см _____

Песчаное _____

Камни и галька до 20 см _____

Илистое, глинистое _____

Другой тип дна. Какой? _____

Опишите воду

Найдите самое глубокое место (можно использовать мост или пристань). Опустите в воду диск Секки и дождитесь, когда он пропадет из виду. Поднимайте его снова и, когда диск будет опять виден, отметьте на веревке уровень воды, выньте диск и измерьте глубину, на которой он перестал быть видимым. Если диск виден даже на дне, обязательно отметьте это в вашем протоколе.

12. Глубина прозрачности, _____ м.

Температуру воды можно измерить обычным термометром.

13. Температура воды, _____ °С.

14. Встречается ли на воде мазутная плёнка?

Да

Нет

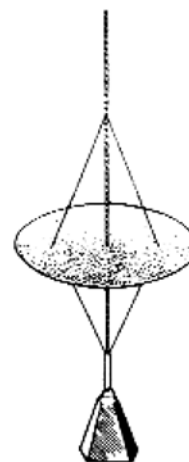
15. Запах, исходящий от воды:

Свежий

Затхлый, болотный

Запах бензина, масла

Другой. Попробуйте описать его: _____



Вы можете определить цвет воды, поместив за образцом лист белой бумаги.

16. Вода:

Чистая, прозрачная

Желтая

Бурая

Другого цвета. Опишите его: _____

Ищем мусор

В этом задании вам предлагается сосчитать и по возможности собрать весь мусор на расстоянии около 10 м от берега, и в водоёме так далеко, как сможете. Сложите весь найденный мусор в мешки. Такое же задание предлагалось на протяжении 10 лет всем участникам проекта «Наблюдение природой Балтики».

17. Предметы, которые мы обнаружили и сочли мусором (отметьте в списке):

Обувь и одежда

Бумажные упаковки, молочные пакеты

- Рыболовная леска, сети
- Разного рода оборудование, части машин, холодильники, автомобили, велосипеды
- Автомобильные покрышки
- Дерево, доски, части мебели
- Металл, консервные банки, бочки, трубы
- Смола, гудрон, нефтепродукты, краска
- Строительные материалы, бетон, кирпичи
- Пластик, нейлон, полистирол, резина
- Стекло, битые бутылки, банки
- Другое: _____

Упаковки из-под напитков

18. Увеличивается количество упаковок разного типа напитков. Ваше исследование поможет понять, что с ними происходит в различных странах. Сосчитайте:

- Пластиковые бутылки _____ Металлические банки _____
Стеклянные бутылки _____ Бумажные упаковки (молочные пакеты) _____
Упаковки для банок _____

Результаты нашего исследования мусора

19. Мы собрали _____ мешков мусора.
20. Во вторсырье можно сдать отходов на _____ рублей.

Исследования для самых любознательных

Человек и вода

Вы начали исследование с осмотра окрестностей. Теперь вы можете дополнить картину, определив, как люди пользуются водой и влияют на неё.

21. Наш водоём используется для:

22. Пройдите вдоль берега 1–2 км и отыщите все источники влияния человека на ваш водоём. Сделайте схему и отметьте на ней находки.

- Сточные трубы (откуда?)
- Свалка

- Водопой для скота, разведение водоплавающей птицы
- Карьер для добычи песка
- Пристань
- Другое. Что именно? _____

Домашнее задание:

23. Выясните в органах местной власти, что им известно о том, как водоём используется и каким влияниям он подвержен (ключевые слова: природные ресурсы, питьевая вода, промышленное загрязнение, гидроэнергетика, законы, очистные сооружения, ограничения и т. д.)

Запишите основные выводы из полученной информации (если вам не хватит места, приложите отдельные листы бумаги).

24. Как ваш водоём использовался в прошлом? Поговорите со старшими, особенно с пожилыми людьми, выясните, что они знают об этом (используйте дополнительные страницы, если это необходимо).

25. Рыболовы часто много знают о рыбе, которая живет в вашем регионе, также они могут знать, что происходит с водоёмами и как это влияет на рыбу. Свяжитесь с местным отделением общества рыболовов и охотников, узнайте, какая рыба живет в вашем водоёме, меняется ли разнообразие и обилие рыбы?

26. Что вы узнали о водоёме, который исследовали?
Опишите кратко ваши впечатления и выводы.

СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1. Водная среда: комплексный подход к изучению, охране и использованию. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. 155 стр.
2. Малым рекам — нашу заботу: практическое пособие для школьных экологических клубов / под ред. В.Н. Зуева. — Минск: Медисонт, 2014. — 120 с.
3. Матюкас К. Определение качества воды по донным животным. — Утяна, Литва: ЗАО «Утянос Индра», Клайпеда, 2005. — 90 с.
4. Методическое пособие по учебно-исследовательской деятельности школьников в подготовке планов управления бассейнами малых рек / Гечене М. [и др.]; под ред. Уманского С.А., Кондратенко С.В. — Калининград: Изд-во «Страж Балтики», 2010. — 60 с.
5. Митчел М. [Mitchel M.K.], Стапп У [Stapp W.B.]. Показатель качества воды. Полевое руководство по мониторингу качества воды (GREEN, USA): перевод с англ. — СПб.: «Прозрачные воды Невы», 1995. — 36 с.
6. Муравьев А. Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами — 3-е изд., доп. и перераб. — СПб.: «Крисмас+», 2009. — 220 с.
7. Мусатова О.В. Биоиндикация и биоповреждения: курс лекций. — Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2005. — 83 с.
8. Наши ценности среды обитания. Регион Финского залива. — СПб.: «Друзья Балтики», 2005. — 140 с.
9. Определение качества воды в полевых условиях: краткое руководство / автор — сост. Могильнер А.А. — М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2013. — 32 с.
10. Пахоменко А.Н. Колодец без нитратов простые советы для грамотных сельских жителей и дачников. — Минск, 2013. — 12 с.
11. Практическое руководство по оценке экологического состояния малых рек: Учебное пособие для сети общественного экологического мониторинга. — Под ред. д.б.н. В.В. Скворцова. — СПб., «Крисмас+», 2003. — 88 с.
12. Южный берег Финского залива. Молодёжь исследует среду обитания. Сборник. «Друзья Балтики». — СПб.; Ломоносов, 2011. — 76 с.
13. Checklist for Environmental Citizens' Organisations in the Baltic Sea Region on Good River Basin Management. <http://www.ccb.se/publications/checklist-for-environmental-citizens-organisations-in-the-baltic-sea-region-on-good-river-basin-management/>



Это методическое пособие позволит читателю:

- увидеть и понять взаимосвязи в речных экосистемах;
- научиться оценивать степень воздействия человека на реки и другие природные водоёмы;
- определять параметры качества воды в реке;
- понять механизмы участия общественности в вопросах управления реками, а также научиться применять их на практике.