

Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+»

**ИССЛЕДОВАНИЕ**  
**экологического состояния**  
**водных объектов**

**Руководство**  
**по применению ранцевой**  
**полевой лаборатории «НКВ-Р»**

Крисмас+  
Санкт-Петербург

2012

УДК 556.11+502.51(282):504.5+543.3.(07)

ББК 28.082+74.262.01

И-88

С о с т а в и т е л и: Муравьев Александр Григорьевич,  
Данилова Валентина Васильевна,  
Осадчая Нина Алексеевна,  
Субботина Ирина Васильевна,  
Кравцова Елена Борисовна,  
Ляндзберг Артур Рэмович,  
Аристов Дмитрий Алексеевич,  
Кудрявцева Татьяна Петровна,  
Смолев Борис Владимирович,  
Мельник Анатолий Алексеевич.

**И-88 Исследование экологического состояния водных объектов: Руководство по применению ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р» /**  
Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. — СПб.: «Крисмас+», 2012. — 232 с.

Издание посвящено методам и технологии экологических исследований водоемов. Изложенные методы — визуальная оценка состояния береговой зоны, гидрoхимическая оценка качества воды и биоиндикация — позволяют выполнить комплексное описание экосистемы водного объекта и оценить ее состояние по важнейшим характеристикам, в том числе по показателям качества воды. Книга может использоваться как руководство по применению ранцевой модульной полевой лаборатории «НКВ-Р» и тест-комплектов производства ЗАО «Крисмас+», а также как учебное и справочное пособие в системе школьного и дополнительного образования, в техникумах, в вузах, при проведении общественного экологического мониторинга водных объектов, активистами независимых природоохранных организаций.

Обилие полезной информации, иллюстративность описаний, простота и доступность методик, приведенных в пособии, делают его полезным для широкого круга читателей, интересующихся вопросами экологии и охраны природы, исследования и сохранения водных объектов.

Административная группа: Б. В Смолев, А. Н. Устрова.

УДК 556.11+502.51(282):504.5+543.3.(07)

ББК 28.082+74.262.01

ISBN 978-5-89495-207-9



9 785894 952079

© ЗАО «Крисмас+», 2012

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	5
<b>1. Составление программы изучения водного объекта и его водосбора .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Визуальная оценка экологического состояния водного объекта .....</b>	<b>12</b>
2.1. Общие сведения .....	12
2.2. Элементы визуальной оценки исследуемых водотоков .....	14
2.3. Таблица для определения баллов различных показателей при визуальной оценке экологического состояния ручья или реки .....	25
2.4. Протокол визуальной оценки .....	30
2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек с илистым или каменистым дном .....	31
2.5.1. Форма для оценки местообитаний в ручьях с каменистым дном .....	34
2.5.2. Форма для оценки местообитаний в ручьях с заиленным дном .....	39
2.6. Протокол визуальной оценки крупной реки .....	43
2.7. Упрощенная методика визуальной оценки экологического состояния водного объекта .....	47
<b>3. Определение гидрохимических показателей .....</b>	<b>49</b>
3.1. Общие сведения о гидрохимических показателях качества воды и методах их определения .....	49
3.2. Особенности применяемых методов и выполняемых операций .....	57
3.3. Меры безопасности при выполнении анализов .....	61
3.4. Унифицированная методика приготовления почвенных вытяжек .....	63
3.5. Определение органолептических показателей .....	66
3.5.1. Вкус и привкус .....	66
3.5.2. Запах .....	67
3.5.3. Мутность и прозрачность .....	70
3.5.3.1. Мутность, качественное определение в мутномерной пробирке .....	71
3.5.3.2. Мутность и прозрачность, полуколичественное определение по шрифту .....	72
3.5.3.3. Прозрачность, определение с применением диска Секки .....	75
3.5.4. Пенистость .....	76
3.5.5. Цветность .....	76
3.5.5.1. Цвет, качественное определение в мутномерной пробирке .....	77
3.5.5.2. Цветность, колориметрическое определение в градусах .....	78
3.6. Определение общих показателей .....	81
3.6.1. Биохимическое потребление кислорода (БПК) .....	81
3.6.2. Водородный показатель (рН) .....	85
3.6.3. Карбонаты, гидрокарбонаты, карбонатная жесткость и щелочность .....	87
3.6.4. Общая жесткость .....	94
3.7. Определение индивидуальных показателей .....	98
3.7.1. Аммоний .....	98
3.7.2. Железо общее .....	101
3.7.3. Нитраты .....	105
3.7.4. Растворенный кислород .....	111
3.7.5. Сульфаты .....	122
3.7.6. Фосфаты .....	126
3.7.7. Хлориды .....	134

---

3.8. Сигнальное определение с применением тест-систем .....	138
3.8.1. Метод тестирования воды и водных вытяжек с применением тест-систем .....	138
3.8.2. Выполнение анализа с применением тест-систем .....	140
3.8.2.1. Выполнение анализа на примере тест-системы «Нитрат-тест» с полимерным покрытием тест-полоски .....	141
3.8.2.2. Выполнение анализа с применением тест-систем без полимерного покрытия .....	143
3.8.2.3. Применение тест-систем при анализе вытяжек из сухих объектов .....	143
3.9. Интегральная оценка качества воды при гидрохимических исследованиях ...	145
3.10. Ранцевая полевая лаборатория исследования водоемов «НКВ-Р» и ее модификации .....	148
3.11. Набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К» .....	153
<b>4. Методы биоиндикации с использованием донных беспозвоночных животных и высших водных растений .....</b>	<b>156</b>
4.1. Биоиндикация и биотестирование .....	156
4.2. Методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных .....	158
4.2.1. Общие сведения .....	158
4.2.2. Отбор проб в ручье с каменистым дном .....	161
4.2.3. Отбор проб в слабопроточном водоеме с илистым дном .....	162
4.2.4. Специальное оборудование для отлова водных беспозвоночных из состава лаборатории «НКВ-Р» .....	164
4.2.4.1. Сачок специальный гидробиологический «ССГ» .....	164
4.2.4.2. Сеть гидробиологическая .....	165
4.2.5. Методы первичной обработки проб .....	167
4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных, обитающих в ручьях .....	169
4.4. Расчеты биотических индексов .....	188
4.4.1. Биотический индекс Майера .....	189
4.4.2. Биотический индекс Вудивисса .....	191
4.4.3. Индекс рейтинга ручья .....	194
4.5. Использование высших водных растений в методах биоиндикации .....	196
4.5.1. Высшие водные растения как индикаторы качества воды .....	196
4.5.2. Оценка экологического состояния реки и ручья с помощью высших водных растений .....	199
<b>Приложения</b>	
1. Протокол визуальной оценки состояния водного объекта (рекомендуемая форма) .....	206
2. Некоторые показатели качества воды, нормативы качества и характеристики полевых методов анализа .....	208
3. Комплектные изделия, расходные материалы и принадлежности производства ЗАО «Крисмас+» для исследований водоемов (Сокращенный прайс-лист) .....	213
Список литературы .....	220
Аннотированный список определителей .....	221
Алфавитный указатель .....	222
Информационные приложения .....	225

---

## Предисловие

Водные объекты — водоемы и водотоки всегда играли важнейшую роль в жизни людей. Именно на берегах рек возникали первые поселения. На протяжении веков они служили транспортными путями, источником питьевой воды, энергии, рыбы. С давних времен человек изучал свойства воды, поэтому на сегодняшний день сформировался целый комплекс наук о воде, таких как гидрогеология, гидробиология, гидрохимия, гидрометеорология и ряд других дисциплин. В современный период экологических императивов естественен интерес людей к исследованиям водных объектов, т. е. к получению нового знания о свойствах таких объектов в единстве их актуальной гидрологической, гидрохимической, гидробиологической информации.

Настоящее руководство создано на основе многих публикаций ученых-исследователей водоемов (гидрологов, гидробиологов, химиков-аналитиков, почвоведов), опыта проведения комплексных профессиональных и учебных исследований водных объектов, а также опыта применения комплектного оборудования, производимого Санкт-Петербургским научно-производственным объединением ЗАО «Крисмас+». Участниками исследований являются как специалисты-ученые, так и неспециалисты — учителя, преподаватели, студенты, школьники, часто объединенные в общественные экологические организации. Приведенные в пособии методики прошли апробацию в детских исследовательских коллективах Эколого-биологического центра «Крестовский остров» Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных. Другим примером одной из наиболее действенных и результативных форм взаимодействия экологов-исследователей водных объектов можно считать опыт создания сети общественного мониторинга малых рек, наработанный благодаря многолетней работе над совместным проектом Центра независимых социологических исследований (ЦНСИ), Санкт-Петербургской общественной организации «Природная школа “Остров”» и Института озероведения РАН. Соответствующий материал любезно предоставлен участниками проекта составителям данного пособия.

Руководство состоит из нескольких глав.

*В первой главе* изложены общие принципы и методика разработки программы исследования водного объекта. На основе материалов этой главы группа, проводящая мониторинг, составляет собственную программу.

*Вторая глава* посвящена изложению методик, с помощью которых группа мониторинга сможет дать качественную и количественную оценку гидрологического состояния водного объекта, основываясь на визуальном наблюдении.

## Предисловие

---

В третьей главе приведены методики гидрохимических исследований, реализуемых с применением портативного оборудования — тест-комплектов и ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р». Представленные методики исследования охватывают определение наиболее значимых показателей качества воды водного объекта, а получаемые результаты, в зависимости от выбранного уровня работ, могут быть сигнальными (полуколичественными) либо количественными. Здесь же приведено подробное описание ранцевой лаборатории «НКВ-Р» с техническими характеристиками, модификациями укладки и т. п. Для удобства пользователя издания гидрохимические показатели и методики их определения приведены в алфавитном порядке, а тексты операций при анализе сопровождаются многочисленными иллюстрациями.

В четвертой главе изложены методы гидробиологических исследований (биоиндикации) состояния водного объекта с использованием донных беспозвоночных и высших водных растений. Приведенные материалы включают методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных, методику расчета биотических индексов, а также методику оценки экологического состояния водотока (реки, ручья) с помощью высших растений. Подробно описаны принадлежности и оборудование из состава ранцевой лаборатории «НКВ-Р», применяемые при гидробиологических исследованиях. С помощью данных методик группа мониторинга сможет выйти на качественную и условно-балльную оценку состояния водного объекта по общепринятым гидробиологическим критериям.

В конце руководства в виде отдельных приложений помещены справочные материалы.

Издание снабжено списком литературы и нормативных документов, аннотированным списком определителей, а также алфавитным указателем.

Руководство предназначено для максимального облегчения работы исследователя (наблюдателя, оператора) при работах по оценке экологического состояния водного объекта с применением ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р». Учитывая сложившуюся унификацию методик оценки (анализа), издание может использоваться как информативное методическое пособие для широкого круга потребителей продукции ЗАО «Крисмас+» и всех интересующихся практической оценкой показателей экологического состояния водных объектов и показателей качества воды.

### **Реквизиты для отзывов и пожеланий:**

191180 Россия, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки, 102.

Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+».

Тел./факс: (812) 325-34-79, 713-20-38.

Тел.: (812) 575-54-05, 575-88-14, 764-61-42.

E-mail: info@christmas-plus.ru

## 1. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА И ЕГО ВОДОСБОРА

Для того чтобы исследование водного объекта проводилось правильно, а полученные данные использовались эффективно, необходимо предварительно составить программу изучения данного объекта и его водосбора, или программу мониторинга. Необходимо определить задачи вашей группы, основные цели исследований, понять, каких результатов вы хотите достичь. Обдумайте предложенные ниже вопросы и обсудите их со своей группой. На основе ответов на них у вас получится вполне развернутая программа работы группы по изучению выбранного водного объекта. К ответам на эти вопросы можно возвращаться в группе неоднократно по мере накопления и осмысления материала.

### **Что уже известно о водосборе?**

В начале возьмите наиболее подробную из доступных географических карт и наложите на нее прозрачный лист, на котором можно рисовать фломастером. Обведите им исследуемый водный объект со всеми его притоками и с притоками этих притоков. Если затем обвести фломастером линию чуть выше точек, где кончаются притоки, то внутри этой замкнутой линии, проходящей по водоразделам, вы получите примерный водосбор вашего водного объекта. После этого попробуйте собрать информацию об этом объекте и его водосборе. Надо разделить имеющуюся информацию о природных особенностях водосбора и информацию о водопользователях. В свою очередь это нужно подразделить на информацию о прошлом (археология и история культур), настоящем (геология и биоразнообразие, список пользователей природных ресурсов) и будущем (прогнозы об изменениях природной среды, планы пользователей — населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий). Будет более эффективно и наглядно, если вы нарисуете условные карты-схемы. Возьмите большой лист бумаги, схематично нарисуйте на нем ваш водосбор и нанесите разными цветами условные обозначения — главную информацию, которую вам удалось собрать. Это можно делать несколько раз, добавляя каждый раз новую информацию или меняя условные обозначения, делая их более удобными для понимания. Опыт показывает, что даже люди неподготовленные, собравшиеся в группу впервые, но живущие на водосборе водного объекта долгое время, уже обладают большим количеством информации и могут достаточно быстро нарисовать такую схему.

## 1. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---

### **Для чего вы проводите мониторинг водного объекта?**

Решите, что именно объединяет вашу группу мониторинга водного объекта. Это могут быть идеи, проблемы, персональные отношения и так далее. Исходя из этого, сформулируйте цели проводимой вами работы на водосборе. Ставьте вполне конкретные цели и не старайтесь охватить сразу все. Для достижения задуманного лучше двигаться постепенно, от решения одной задачи к другой. Помните, что от способов достижения цели зависят пути их достижения, то есть количество времени, материальных ресурсов и душевных сил. Определите проблемы и опасности, существующие на вашем водосборе. Составьте их список и расставьте проблемы в порядке значимости. Сделайте это на основе уже имеющейся информации. Определите, какая еще информация нужна вам для того, чтобы начать решать выделенные вами проблемы. В дальнейшем постарайтесь составить планы решения проблем и достижения целей. Согласуйте свои планы с планами других пользователей, внесите коррективы.

### **Как вы будете использовать собранные вами данные?**

Планы обычно состоят из конкретных мероприятий (программ мониторинга). В начале составления каждой такой программы договоритесь, какие действия вы будете предпринимать после сбора и анализа данных. Будет ли ваша группа использовать эту информацию в учебных целях, для своей жизнедеятельности, для информирования местных жителей, властей, СМИ и так далее? Будете ли вы обращаться к местным властям и природопользователям, акцентируя их внимание на решении проблем и опасностях? Будете ли вы предпринимать действия по защите вашего водного объекта? Помните, что распространяемая вами информация и ваши действия будут иметь вполне определенные последствия. Составьте в группе письменную декларацию (соглашение) о том, как вы будете использовать собранные данные. В соглашении следует сформулировать, по-возможности, продуманные способы использования полученных материалов — в достижении учебных, социальных, личных (семейных) и т. п. задач.

Затем надо определить, какие методы вы будете использовать для обобщения данных и как их презентовать. Будете ли составлять таблицы данных, использовать компьютерные программы, видеофильмы и т. п.? Где и как вы будете представлять их (на родительских собраниях, на собраниях жителей вашего населенного пункта, в СМИ, в виде плакатов и т. д.)? Собирайте архив активности вашей группы, накапливайте и повторяйте положительный опыт, анализируйте и исправляйте ошибки.



---

### **Как вы будете проводить мониторинг?**

Второе, что нужно определить для составления программы мониторинга, — это ваши ресурсы и возможности. Какие методы исследования будете использовать? Будет ли это визуальная оценка состояния водного объекта, биомониторинг по беспозвоночным, гидрохимический мониторинг и другие виды мониторинга? Как эти направления исследований будут сочетаться? Будете ли вы использовать социальный мониторинг, например: собирать рассказы местных жителей об их отношении к вашему водному объекту, об их образе жизни и влиянии на ваш водный объект, об изменении водного объекта за время их жизни, об их проблемах, об их видении будущего данного водного объекта? Будете ли вы фиксировать состояние вашего водного объекта на фото (видео) и т. п.? Ответы на эти вопросы во многом будут зависеть от выбранных вами целей и ресурсов, которыми вы располагаете. Определите, каких ресурсов вам не хватает, и запланируйте их приобретение.

### **Где и когда вы будете проводить мониторинг водного объекта?**

Выбрав метод мониторинга, определите точки исследования, опишите их, указав причины их выбора. При определении времени проведения мониторинга и при сборе проб необходимо учитывать время года, температуру воздуха, погоду (дождливо или ясно). Необходимо понимать, что все эти факторы влияют на данные, которые вы получите в результате мониторинга. При проведении мониторинга многократно, чтобы данные были сравнимыми, необходимо брать пробы примерно в одни и те же числа, месяцы, времена года, а также при одних и тех же погодных условиях. Нанесите на ваши карты точки мониторинга и составьте календарный план на один год. Теперь вы уже знаете, кто, с каким оборудованием, где и когда будет проводить мониторинг водного объекта в течение ближайшего года.

### **Как повысить качество проводимого мониторинга и контроль этого качества?**

Для того чтобы собранные в ходе мониторинга данные стали значимыми, *они должны быть достоверными*. Рассмотрите, каким образом вы сможете собирать данные, соответствующие нормам качества сбора данных аккредитованных лабораторий научных и государственных учреждений, промышленных предприятий. Кто сможет помочь вам в подтверждении их качества? Возможно, вы можете проверить часть данных, обратившись в лаборатории предприятий, научных институтов, центров Роспотребнадзора. Особенно важно качество данных, если вы будете передавать их органам власти

## 1. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---

для принятия социально и экологически значимых решений. Определите, когда и как вы будете проводить занятия для участников сбора данных. Если при мониторинге используется оборудование, то его участники должны *заранее научиться с ним работать*. Если часть проб вы будете проверять в собственной или другой лаборатории, то надо заботиться о соблюдении сохранности отобранных проб, т. е. учитывать, сколько данная проба может храниться без изменения свойств. Очень важна процедура документирования данных. То есть вы должны при каждой пробе указывать место, где вы ее отобрали, дату, время, погодные условия, температуру воздуха и воды, а также полное имя и социальный статус того, кто брал пробу.

### **Какие задания и как будут распределяться между участниками группы мониторинга?**

Теперь у вашей группы есть опыт, накопленный в течение первого полугодия исследований водного объекта. Можно начинать составлять программу мониторинговых работ на второй год. Совсем не обязательно, чтобы каждый участвовал во всех видах мониторинга и деятельности группы. Можно разделить обязанности в соответствии с интересами членов. Группе надо договориться и письменно закрепить те социальные роли участников, которые уже определились. Необходимо составить таблицу заданий для членов группы, где определить обязанности ответственных — координатора программы, тренеров и добровольцев, координатора сбора данных, координатора по лаборатории, архивариуса и т. п.

Программа по изучению водного объекта и его водосбора должна пересматриваться ежегодно. Необходимо определять, отвечают ли собираемые данные на поставленные вами вопросы, пересматривать эти вопросы и цели работы в соответствии с проблемами вашего водного объекта. Желательно пересматривать (обновлять) методы мониторинга, адаптируя их к изменяющимся местным условиям. Мониторинг как инструмент достижения поставленных группой целей будет работать, если его постоянно совершенствовать. Жизнеспособность группы исследователей водного объекта будет расти, если деятельность группы будет успешна и востребована.

### **Рекомендации по организации мониторинга для общественной и учебной работы**

Наблюдение за водными объектами — одна из наиболее интересных возможностей для общества получить сведения об экологическом состоянии объекта. Ведь подавляющее большинство рек и озер не включены для постоянного наблюдения ни в какие государственные программы. При этом загрязнение ма-

---

лых рек во многом определяет состояние всего водосборного бассейна. Именно общественный мониторинг позволяет оценить вклад рассеянных площадных источников. Именно в отношении малых рек местное население имеет много рычагов воздействия на властные структуры для принятия конкретных мер. Кроме того, огромен воспитательный и образовательный потенциал постоянных местных наблюдений за экологическим состоянием водного объекта, так как они позволяют повысить уровень знаний, изменить поведение почти всех слоев населения.

Главная цель общественного мониторинга — повышение доступности экологической информации для населения. Это достигается как путем сбора всей имеющейся информации, так и получением дополнительных собственных сведений об объекте. К основным функциям общественного мониторинга можно отнести:

- 1) повышение оперативности государственного экологического контроля и эффективности оповещения населения о происшествиях и чрезвычайных ситуациях;
- 2) наблюдение за объектами, которые либо не включены в государственный мониторинг, либо изучены недостаточно;
- 3) привлечение внимания к проблемам, которые ранее не обозначались;
- 4) развитие экологического образования и просвещения.

Следует отметить, что общественный мониторинг всегда проводится с целью принятия активных мер, то есть обращения к ответственным за состояние среды структурам, проведения конкретных действий по улучшению ситуации, воздействия на предприятия, негативно влияющие на среду данной местности.

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

### 2.1. Общие сведения

Водосбором считается территория на местности, где все поверхностные воды собираются в реки, озера и другие водные системы. Границы водосбора отдельной реки или озера могут быть определены из самой высокой точки местности вокруг них. Реки и ручьи (водотоки) можно уподобить артериям, по которым поверхностные воды стекают с высоких мест в более низкие. На рис. 1 схематично показано, как река начинается с небольшого ручья, затем, протекая по разным местностям, принимает большое количество притоков и становится уже крупной рекой. Маленькие реки и ручьи, которые не имеют притоков, называются реками первого порядка, они имеют небольшую водосборную площадь. Затем эти реки впадают в реки второго порядка, а те, в свою очередь, в реки третьего



Рис. 1. Схема речного водосбора

порядка и т. д. Все это создает разветвленную речную систему, у которой бывает, как правило, уже гораздо бóльшая водосборная территория.

Водный объект имеет сложную экосистему, в которой происходит взаимодействие многих биологических, физических и химических процессов. Все эти процессы в реке строго сбалансированы. Изменение одной из характеристик или процесса имеет каскадный эффект и меняет параметры всей системы. К примеру, возраста-

ние нагрузки биогенных элементов может не вызывать изменений в чистой лесной реке. Но когда одновременно имеется и удаление деревьев из пойменной зоны, и искусственное расширение русла, то возрастание биогенной нагрузки неминуемо скажется на развитии водорослей и высшей водной растительности. В результате химических изменений, которые происходят в процессе фотосинтеза водорослей, дыхания и увеличивающихся температур, биологические сообщества реки могут меняться в еще большей степени.

Различные гидрологические изменения (особенно спрямление русла), которые усиливают энергию речного потока, могут приводить к эрозии ее берегов и дна. Это, в свою очередь, может приводить к возрастанию количества переносимых донных отложений и, если пропускная способность реки невелика, к заилению русла. Однако увеличение сложности и разнообразия физических условий в водотоке может иметь положительные последствия. Структурная сложность обеспечивается упавшими деревьями, нависающими берегами с оголенными корнями деревьев, омутами и перекатами, прибрежной растительностью и разнообразными донными отложениями. Это обогащает местообитания различных речных организмов и восстанавливает гидрологические условия, которые могли быть нарушенными.

Многие реки подвергаются химическому загрязнению в результате попадания в них промышленных, сельскохозяйственных и бытовых стоков. В большинстве случаев в загрязненных водах наблюдается уменьшение количества растворенного кислорода, увеличение количества органических веществ, азота и фосфора. Последствия загрязнения рек и ручьев могут быть катастрофическими. Например, повышенное поступление органического вещества в экосистему вызывает развитие бактериальной флоры, которая начинает его интенсивно разлагать. В результате бактериальной деструкции органики происходит увеличение потребления кислорода на эти цели, в отдельных зонах реки может устанавливаться дефицит кислорода, вследствие чего из экосистемы исчезают чувствительные виды организмов (в особенности бентосные), изменяется вся ее структура. Важно знать, что загрязнение химическими веществами может привести к неожиданным последствиям. К примеру, возрастание рН среды иногда связано с интенсивным развитием водорослей; макрофиты, растущие в воде с определенной концентрацией аммония, могут становиться токсичными и др.

В конечном итоге загрязненный водный объект теряет свою естественную привлекательность — меняется цвет воды, появляется неприятный запах, исчезает рыбное поголовье, воду нельзя употреблять в качестве питьевой.

Все эти изменения можно обнаружить при обследовании береговой зоны, даже без использования специального оборудования. Особенно информативной

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---

может быть полученная оценка состояния водного объекта при проведении сезонных, ежегодных, многолетних наблюдений — то есть в режиме мониторинга.

Визуальная оценка как один из элементов мониторинга водного объекта состоит, в основном, из описания физических условий, т. е. оценки состояния русла, берегов, дна и других параметров.

Следует отметить, что визуальную оценку нужно проводить несколько раз за период открытой воды. Лучше всего ее начать после весеннего паводка, затем в период летней межени и закончить осенью. Однако если у вас нет такой возможности, то лучше всего наблюдение сделать в весенний период, когда вы будете видеть последствия паводка.

Для визуальной оценки выберите тот участок, который наиболее характерен для всей реки. Его длина должна быть не менее 100 м. Если река имеет сильное расчленение или характер русла очень меняется, то исследовать можно два или даже три участка по 100 м.

### 2.2. Элементы визуальной оценки исследуемых водотоков

Опишем те характеристики, которые будем рассматривать при визуальной оценке по схеме, изложенной в пособии, составленном для американских волонтеров при исследовании рек и ручьев [1]. Этот протокол является наиболее простым и доступным в применении и может использоваться для большинства речек и ручьев.

#### Состояние русла ручья или реки

Этот элемент визуальной оценки описывает русло реки. В естественном состоянии река, протекая по водосборной территории, может иметь много изгибов. Это явление называется *меандрирование* (рис. 2). При движении воды в реке происходит естественное перемещение донных отложений. Когда река имеет изгибы, энергия потока строго сбалансирована и переносит определенное количество донных осадков. При спрямлении русла или его бетонировании энергия потока будет возрастать, донные отложения будут находиться в более нестабильном состоянии, что повлечет за собой сильную эрозию берегов и частичное разрушение полезных местообитаний (рис. 3). Кроме того, разрушения берегов в результате строительства набережных, дорог и других сооружений увеличивает смыв твердых веществ в воду, что вызывает увеличение мутности, снижение глубины проникновения света, а это, в свою очередь, подавляет фотосинтез погруженной растительности рек. На рис. 4 мы видим русло ручья в естественном состоянии.

## 2.2. Элементы визуальной оценки исследуемых водотоков

---



Рис. 2. Меандрирующая река



Рис. 3. Забетонированное русло реки

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---



Рис. 4. Ручей в естественном состоянии

### **Гидрологические изменения**

Значимым гидрологическим фактором в режиме рек являются сезонные паводки. Они важны для сохранения русла реки в естественном состоянии, так как поддерживают динамическое равновесие основного потока воды и донных отложений. Паводки промывают русло реки. В результате паводков происходит перераспределение гравия, мелких и крупных камней, что способствует расширению полезных мест обитания для донных животных. С паводками в реку попадают дополнительные питательные вещества как для животных, так и для растений. Особенно важную роль они играют в энергетическом балансе малых лесных рек и ручьев, внося в воду листовую и травяную опад, который является единственным источником поступления веществ в эти водотоки. Все это создает наиболее благоприятные условия для рыб и других организмов, что способствует сохранению биологических сообществ речных систем в целом.

Если река не имеет притоков, то снижение частоты паводков приводит к ее заилению. В этом случае она становится более широкой, мелеет, и, в конечном счете, русло может распадаться на несколько мелких протоков. В этих протоках процессы заиления идут еще более быстрыми темпами. Обильно разви-



## 2.2. Элементы визуальной оценки исследуемых водотоков

---

вается растительность, что отрицательно сказывается на развитии донных животных. С другой стороны, очень частые и высокие паводки, которые переносят большое количество донных отложений, могут приводить к разрушению речного дна и сильной эрозии берегов.

Отрицательным фактором в речной гидрологии является также снижение уровня воды. Это приводит к потере многих местообитаний для донных животных и их гибели. Увеличение уровня воды в течение летней межени может происходить за счет притока грунтовых вод. Однако если на реках есть забор воды, связанный с промышленностью, ирригацией, то снижение уровня воды может быть катастрофическим для множества водных организмов.

### Прибрежная зона

Важным элементом водосбора каждой реки является ее водоохранная зона, на которой устанавливается специальный режим хозяйственных видов деятельности с целью предотвращения загрязнения и деградации среды обитания растительного и животного мира. В зависимости от протяженности реки меняется ширина этой зоны. Например:

- у реки длиной до 10 км водоохранная зона составляет 50 м;
- у реки длиной от 10 до 50 км — 100 м.

В этом пункте мы предлагаем *методику оценки прибрежной зоны*. Данная составная часть визуальной оценки описывает состояние территории, которая примыкает непосредственно к руслу реки.

Функции прибрежной зоны очень разнообразны:

- задерживать поток загрязнений, приносимых с поверхностным стоком;
- снижать риск эрозии берегов;
- создавать особый микроклимат, который контролирует температуру воды, делая ее наиболее оптимальной для водных организмов;
- обеспечивать большим количеством растительного материала, который может образовывать убежища для водных организмов;
- обеспечивать пригодные местообитания для рыб (глубоко подрезанные берега и свисающие корни деревьев);
- обеспечивать органическим веществом все звенья трофической цепи водных экосистем;
- обеспечивать местообитания и для наземных насекомых, которые, попадая в воду, служат пищей для рыб;
- обеспечивать укрытия для рыб во время высоких паводков (за деревьями, пнями, бревнами).

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Естественная прибрежная зона является важнейшим элементом *здоровой* речной системы, она должна быть достаточно широкой и иметь разнообразную растительность. Узкая прибрежная зона, на которой располагаются дороги, ведется хозяйственная деятельность или располагаются распаханные земли, отрицательно влияет на экосистему реки.

На рис. 5 и 6 мы видим различия в естественной и деградированной прибрежных зонах.

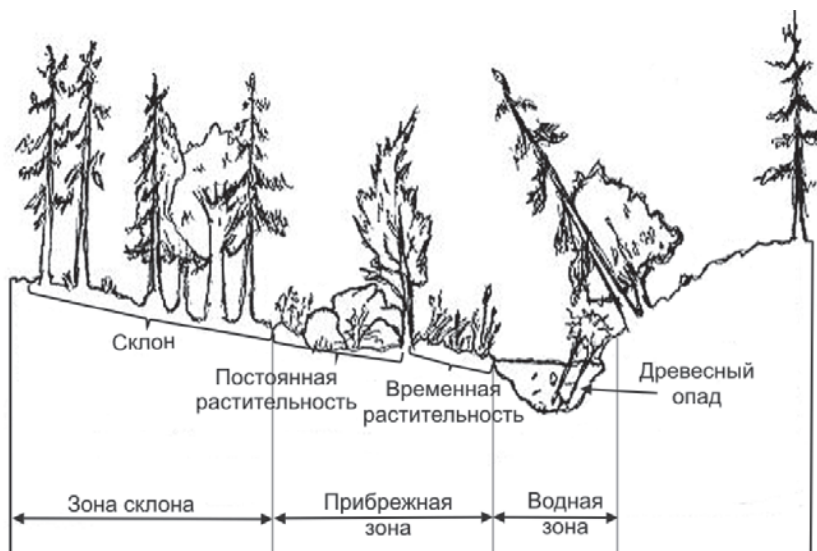


Рис. 5. Естественная прибрежная зона

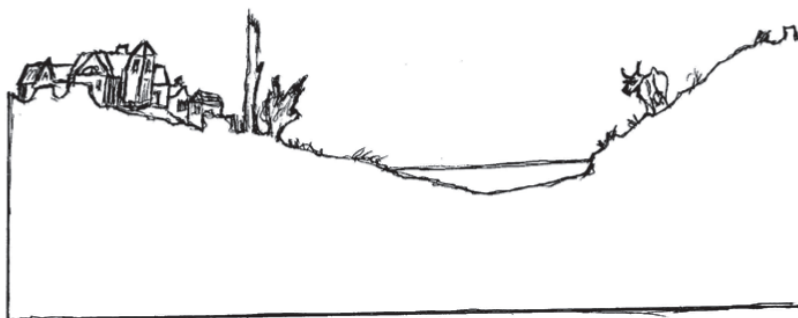


Рис. 6. Измененная прибрежная зона

## 2.2. Элементы визуальной оценки исследуемых водотоков

В табл. 1 приведены визуально оцениваемые показатели водотоков, характеризующих естественную и измененную (деградированную) прибрежные зоны.

Таблица 1

Показатели водотоков

Естественная прибрежная зона	Измененная прибрежная зона
Хорошее затенение русла, прохладная вода	Слабое затенение русла, теплая вода
Обильное содержание древесных и органических остатков в реке	Низкое содержание древесных и органических остатков в реке
Хорошо развитая растительность по берегам, есть корни, защищающие берега	Растительность по берегам развита слабо, нет корней, защищающих берега
Узкое, каменистое, глубокое русло реки	Широкое, илистое, мелкое русло реки
Есть пригодные местообитания для рыб и других животных	Мало пригодных местообитаний для рыб и других животных
Хорошее качество воды	Плохое качество воды
Высокий уровень воды в русле в течение лета	Низкий уровень воды в русле в течение лета

### Состояние берегов

Этот элемент визуальной оценки важен для того чтобы определить, в каком состоянии находятся берега реки. В целом процессы эрозии характерны для естественных водотоков. Интенсивная эрозия берегов встречается там, где прибрежная зона сильно деградирована, где русло нестабильно, поскольку имеются изменения в гидрологии, донных отложениях, пойме. Высокие и крутые берега, как правило, более подвержены эрозии. В укреплении берегов большую роль играет прибрежная растительность, корни которой укрепляют почвы берегов и физически защищают их во время паводков. Хорошо, когда по берегам встречаются деревья и кустарники, а также имеется воздушно-водная растительность (осока, камыш, тростник, рогоз). Большое значение для стабильности берегов имеют и типы почв. Так берега с тонким слоем почв, гравием или песком более подвержены эрозии, чем берега с обильным слоем почвы. На рис. 7 и 8 показаны различные виды берегов и их эрозий.

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---



Рис. 7. Сильно эродированный берег



Рис. 8. Плохое состояние берегов

### **Внешний вид воды (прозрачность, цвет, запах и др.)**

Внешний вид включает мутность, цвет и другие характеристики воды, определяемые визуально. *Мутность* создается главным образом взвешенными (точнее — органолептическими) частицами почвы и растворенным органическим веществом. Вода часто бывает мутной после обильных дождей, поскольку в реку с поверхностным стоком поступает большое количество взвешенных веществ с прилегающих территорий. Другой важной визуальной характеристикой является *цвет воды*, который зависит от некоторых факторов. Так, в некоторых реках вода бывает коричневого цвета, но это не является признаком плохого состояния воды. Это бывает в тех случаях, когда река протекает через болота и обогащена большим количеством гуминовых веществ, которые окрашивают воду в такой цвет. Светлые и прозрачные воды содержат, как правило, незначительное количество биогенных элементов, что препятствует развитию водорослей, которые придают воде зеленоватый оттенок. Воды с высоким содержанием биогенных веществ и значительным развитием водорослей имеют зеленую окраску. В деградирующих водотоках мутность воды бывает очень высокой, могут развиваться обильные маты нитчатых водорослей, цвет воды сильно изменен. На поверхности могут отмечаться нефтяные пленки, пена и другие загрязнители. Признаком деградации водотока является также наличие сильного *запаха*.

### **Обогащенность вод биогенными элементами**

Этот элемент визуальной оценки тесно связан с предыдущим. Он оценивает уровень развития растительности в реке и в значительной степени отражает то количество биогенных элементов, которое содержится в ее водах. Высокие концентрации биогенных веществ (особенно фосфора и азота) обеспечивают чрезвычайно обильное развитие водорослей и высшей водной растительности (макрофитов). С одной стороны, это является положительным фактом, поскольку водоросли и макрофиты обеспечивают убежища для животных и служат пищей для них. Однако в целом чрезмерное развитие растительности неблагоприятным образом сказывается на жизни речной биоты.

### **Барьеры для движения рыб**

Этот показатель также является важным в общей оценке состояния речной системы. Искусственные сооружения на реке, большое количество техногенного мусора, значительные сужения русла — все это очень сильно меняет

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---

жизнь реки. Кроме того, эти препятствия могут служить барьерами на пути миграции рыб и других водных животных, например моллюсков. В результате большинство местообитаний, где происходит питание и размножение животных, становятся недоступными. Некоторые препятствия могут быть естественными, природными. К таким относятся, например, хатки бобра или большие валуны.

### **Укрытия для рыб**

Этот элемент оценивает количество различных местообитаний рыб. Чем больше таких мест, тем более благоприятные условия для существования рыб в реке и выше их видовое разнообразие.

Для укрытия рыб и прикрепления беспозвоночных животных служат поваленные деревья и их фрагменты. В местах с замедленным течением и ровной поверхностью располагаются омуты, где рыбы могут также укрываться и размножаться. Нависающая растительность — это в основном деревья, кустарники, травяные многолетники — затеняет поверхность воды и не допускает перегрева. Подрезанные берега и заросли макрофитов создают условия, в которых рыбы могут укрываться, получать питание и размножаться.

Камни и галька служат укрытием для молоди рыб. Если эти компоненты расположены на небольшой глубине, то образуются пороги и перекаты, которые, как правило, являются средоточием большого количества донных животных. Поэтому, из-за обилия питания, эти места очень привлекательны для рыб.

### **Омуты**

Поскольку омуты являются для рыб и беспозвоночных животных очень важными местообитаниями, этот элемент выделяют особо. Наличие омутов усложняет структуру дна реки, что способствует созданию благоприятных условий для многих животных и рыб. Омуты служат прекрасным убежищем для этих организмов, а также местом для их питания и размножения.

В естественных реках, как правило, имеются и глубокие, и мелкие омуты. Глубокими считаются омуты, глубина которых в 2 раза превышает глубину самой реки, мелкими — не превышающими 1,5-кратную глубину реки. Однако встречаются водотоки, в которых омуты полностью отсутствуют. Это считается отрицательным фактором для жизни водотока.

### **Оценка местообитаний макробеспозвоночных животных**

Этот элемент визуальной оценки выявляет плотность и распределение различных местообитаний донных животных, они важны для их жизни и развития. Оптимальным считается то положение, когда на относительно небольшой площади дна реки имеется большое количество местообитаний. Здесь также важны и состояние русла реки, и скорость течения, и способность реки переносить донные отложения, и частота паводков. Среди благоприятных местообитаний выделяются: погруженные небольшие бревна, листовая опад, подрезанные берега, валуны, галька, корни деревьев, свисающие в воду.

### **Затененность русла (полог из крон деревьев)**

Этот элемент оценивает степень защищенности русла реки растительностью и является очень важным условием для функционирования всей речной экосистемы. Наиболее важным в этом плане считается развитие древесной и кустарниковой растительности, поскольку, затеняя водную поверхность реки, она контролирует температуру воды. Слишком сильный перегрев воды отрицательно сказывается на развитии донных беспозвоночных животных и погруженной растительности. В теплой воде наблюдается пониженное содержание кислорода. Кроме того, высокие температуры стимулируют обильное развитие водорослей. В сильно затененных реках нехватка света сдерживает развитие водорослей, что не всегда имеет положительные последствия. Однако существуют животные и растения, которые переносят и высокую температуру, и низкое содержание кислорода в воде.

Для того чтобы правильно оценить степень затенения реки, необходимо обследовать не только 100-метровый участок реки, но и несколько других участков, что позволит вам более правильно рассчитать процентное соотношение затенения русла.

### **Состояние порогов и перекатов**

Это также довольно важный элемент оценки состояния реки, так как пороги и перекаты (рис. 9) перераспределяют энергию воды и донных отложений, обогащают воду кислородом и служат местообитанием для большого количества донных беспозвоночных животных. Кроме того, это место, где многие рыбы могут питаться, нереститься и сохранять икру.

О состоянии порогов судят по количеству ила и наносов на их поверхности. Если камни порогов покрыты большим количеством наносов и сильно за-

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---



Рис. 9. Русло с порогом

илены, это снижает их функциональную ценность и является плохим показателем.

Для того чтобы оценить этот элемент, нужно войти в воду и вытащить несколько камней из порога. По их внешнему виду определяют, как сильно тот или иной порог заилен.

Оценка донных элементов выполняется только в том случае, если есть возможность безопасно их извлечь.



2.3. Таблица для определения баллов различных показателей

**2.3. Таблица для определения баллов различных показателей при визуальной оценке экологического состояния ручья или реки**

1. СОСТОЯНИЕ РУСЛА			
Естественное русло. Нет искусственных сооружений и больших изменений в основном русле и мелких притоках	Присутствуют возможные свидетельства того, что в прошлом были изменения русла, но есть видимые признаки восстановления русла и берегов	Русло реки изменено (< 50%). Возможно, есть навалы камней или русло искусственно облицовано	Русло очень сильно изменено (спрямление, расширение, облицовка) (> 50%). Имеются дамбы, плотины или другие искусственные сооружения, которые препятствуют течению реки
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание на спрямление или искусственные изменения русла, размыв перекатов, искусственные сооружения (высокие берега, облицовку берегов, дамбы, плотины, запруды, водопроводные трубы, опоры мостов)			
2. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ			
Наличие паводков в течение ближайших 1,5–2 лет. Отсутствие структур, которые препятствуют паводкам. Нет искусственного отвода воды из русла	Наличие паводков только каждые 3–5 лет. Искусственный отвод воды если и есть, то незначительно влияет на обнажающиеся местообитания водных организмов	Наличие паводков только каждые 6–10 лет. Искусственный отвод воды существенно влияет на обнажающиеся местообитания водных организмов	Отсутствие паводков. Имеются структуры, которые препятствуют паводкам. Искусственный отвод воды вызывает разрушение многих местообитаний водных организмов
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание: при составлении протокола необходимо провести опрос людей, которые живут по берегам. Выяснить у них, как часто бывают паводки, как они проходят и что бывает с руслом после них. Обращать внимание на следы, которые оставляют паводки (отложение донных осадков и остатков растительности). Есть ли искусственный забор воды (для ирригационных или промышленных целей), который может сильно снижать глубину реки и губительно влиять на местообитания водных животных и растений			

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

3. ПРИБРЕЖНАЯ ЗОНА			
Естественная растительность распространяется на удвоенную ширину ручья (речки) с каждой стороны	Естественная растительность распространяется на одну ширину ручья или охватывает всю пойменную территорию	Естественная растительность распространяется только на 1/3 ширины ручья. Фильтрующая способность этой зоны снижена	Естественная растительность распространяется менее чем на 1/3 ширины ручья. Фильтрующая способность этой зоны сильно снижена
<b>Баллы:</b>			
10	8	3	1
Обратите внимание: сравнивать ширину распространения растительности с шириной ручья. Наблюдать, как зарастает пойма. Определить качество растительности (травяная, кустарниковая, высокие и низкие деревья)			
4. СТАБИЛЬНОСТЬ БЕРЕГОВ			
Берега стабильны. Как правило, низкие, на уровне поймы. Более 33% внешней эрозивной поверхности берегов укреплено корнями деревьев, которые могут опускаться до поверхности воды	Берега менее стабильны, низкие, на уровне поймы. Менее 33% эрозивной поверхности укреплено корнями деревьев. Часто наблюдаются поваленные старые деревья	Берега еще более нестабильны. Сочетание низких и высоких берегов, внешние склоны которых эродированы. Нависающая растительность только на высоких точках берегов. Ежегодно несколько деревьев попадают в поток	Берега нестабильны, как правило, высокие. Имеются обрывистые участки и участки с обратным углом наклона, которые активно эродированы, обваливаются. Нависающая растительность — только на вершинах голых берегов, большое количество старых падающих деревьев
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание: есть ли укрепляющая растительность на склонах берегов. Признаки эрозии берегов – не заросшие растительностью, открытые корни деревьев и наличие открытых участков съезжающей земли. Следы скота, техники. Выяснить размер территории, подвергшейся воздействию, по отношению к общей площади берегов			

### 2.3. Таблица для определения баллов различных показателей

5. ВНЕШНИЙ ВИД (ПРОЗРАЧНОСТЬ И ДР.)			
Вода очень чистая или чистая, но сильно окрашенная. Хорошо видно дно. Нет масляных пленок на поверхности воды, камнях, подводных предметах	Вода местами мутная, особенно после дождей, но быстро приходит в стабильное состояние. Прозрачность от 0,5 до 1 м. На погруженных предметах могут наблюдаться слабые налеты, но масляных и нефтяных пленок на поверхности воды нет	Вода мутная большую часть времени. Прозрачность снижается от 15 до 50 см. В местах с замедленным течением наблюдается зеленая окраска воды. Камни и погруженные предметы покрыты пленками. Слабый запах (тухлых яиц)	Очень мутная или мало прозрачная в течение всего времени. Течение, как правило, медленное, вода зеленого цвета, присутствуют другие загрязнители. Плавающие маты водорослей, масляные и нефтяные пленки. Сильный запах различного происхождения
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание: тест на купание (хотели бы вы искупаться в этом водотоке?). Цвет, запах, прозрачность воды, пленки на погруженных предметах, камнях и на поверхности воды			
6. БОГАЩЕННОСТЬ ВОД БИОГЕННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ			
Вода отчетливо чистая, небольшое разнообразие высшей водной растительности, незначительное развитие водорослевых сообществ	Вода достаточно чистая или слегка зеленого цвета. Умеренный рост высшей водной растительности и водорослевых сообществ	Вода чаще всего зеленого цвета. Русло сильно зарастает высшей водной растительностью и водорослевыми матами, особенно в теплые месяцы	Вода зеленого, коричневого, серого цветов. Плотные заросли высшей водной растительности, значительное развитие густых водорослевых матов
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание на плотность и разнообразие воздушно-водной и погруженной растительности. Образуют ли водоросли отдельные нити или они собраны в густые скопления (тина)			

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

7. БАРЬЕРЫ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ РЫБ			
Барьеров нет	На ограниченном участке есть небольшие завалы, дамбы, водопроводные трубы, но невысокие. Есть обходы этих сооружений	На исследованном участке есть довольно высокие завалы, дамбы, водопроводные трубы	На всем протяжении реки есть крупные завалы, дамбы, водопроводные трубы. Движение очень сильно затруднено
<b>Баллы:</b>			
10	5	3	1
Обратите внимание: есть ли искусственные антропогенные сооружения, которые препятствуют движению рыб и других водных животных. Не включать бобровые плотины и большие бревна			
8. УКРЫТИЯ ДЛЯ РЫБ			
Есть больше 7 укрытий	От 6 до 7 укрытий	2–3 укрытия	0–1 укрытие
<b>Баллы:</b>			
10	8	3	1
Обратите внимание: наблюдайте укрытия разных видов на исследуемом участке. Для того чтобы получить репрезентативный результат, исследуемый участок должен в пять раз превышать ширину ручья. Возможные укрытия: 1) поваленные деревья; 2) омуты; 3) валуны, крупная галька; 4) подрезанные берега; 5) корни деревьев; 6) густые куртины высшей водной растительности; 7) маленькие ответвления русла; 8) нависающая растительность; 9) пороги; 10) заводи, запруды			
9. ОМУТЫ			
Много глубоких и мелких омутов на более чем 30% дна	Омуты есть, но немного, от 10 до 30% дна	Омуты есть, но их совсем мало, от 5 до 10% дна	Омутов нет. Дно видно
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание: обычно только 1–2 омута могут формироваться на участке, длина которого равна 12-кратной ширине речки			

### 2.3. Таблица для определения баллов различных показателей

10. ОЦЕНКА МЕСТООБИТАНИЙ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ			
5 типов местообитаний	3–4 типа местообитаний	1–2 типа местообитаний	0–1 тип местообитаний
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание: наблюдать количество различных местообитаний на участке, который равен 5-кратной ширине ручья. Типичные местообитания: кора дерева и ее маленькие кусочки; сгустки листьев; подрезанные берега; корни деревьев в воде; крупный гравий, маленькие валуны			
11. ЗАТЕНЕННОСТЬ РУСЛА (ПОЛОГ ИЗ КРОН ДЕРЕВЬЕВ)			
Больше 75% русла реки затенено	Больше 50% русла реки затенено	20–50% русла реки затенено	Меньше 20% русла реки затенено
<b>Баллы:</b>			
10	7	3	1
Обратите внимание на развитие древесной и кустарниковой растительности, которая подходит к самому урезу воды. Наблюдения лучше проводить в солнечный день, так как это позволит выявить затененные участки русла. При обильном развитии воздушно-водной высшей растительности можно учитывать затенение, которое она создает			
12. СТЕПЕНЬ ЗАИЛЕНИЯ ПОРОГОВ			
Заиленность камней на порогах < 20%	Заиленность камней на порогах от 20% до 30%	Заиленность камней на порогах > 40%	Пороги полностью заилены
<b>Баллы:</b>			
10	8	3	1
Обратите внимание на степень заглубления камней и валунов в ил на порогах. Для этого нужно вытащить несколько камней и сравнить их между собой. Принимать во внимание, если этот параметр значим			

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---

### 2.4. Протокол визуальной оценки

При обследовании всех участков составляется протокол (на каждый участок), который необходимо аккуратно и четко заполнять. При составлении протокола используйте таблицу из п. 2.3.

Протокол визуальной оценки состояния водного объекта (форма протокола приведена в приложении 1) включает два листа.

#### **Лист первый: описание водоема с рисунком**

Лист первый содержит базовую информацию, относящуюся к вашему ручью или речке, местонахождение и использование прилегающей территории. Заполняются те пункты, которые вы можете точно определить. К примеру, если вы не знаете, в каком процентном соотношении используется водосбор, то вы просто можете отметить, есть ли на прилегающей территории поселки, посе-вы, сенокос и др. Очень полезно зарисовать исследуемый участок, отметив все детали прилегающей территории.

#### **Лист второй: балльная оценка состояния ручья или реки**

Визуальная оценка экологического состояния ручья или реки определяется по 12 показателям, которые подробно рассматривались выше (см. п. 2.3). Эти показатели оцениваются по десятибалльной шкале, в зависимости от того, какие условия есть в вашем водотоке. По каждому показателю выставляется соответствующий балл и заносится в квадратик. Затем баллы суммируются и делятся на количество оцененных показателей (возможно, какие-то показатели полностью отсутствуют, например в ручье совсем нет омутов и т. д.). Полученный таким образом средний балл затем соотносится с интервалами, которые соответствуют четырем градациям экологического состояния: (1) плохое состояние ручья, (2) удовлетворительное, (3) хорошее или (4) отличное. Таким образом, мы имеем возможность давать балльную оценку экологического состояния водотока. Проводя такую оценку какое-то длительное время, можно наблюдать изменения, которые происходят с вашим водоемом и его прилегающей территорией.

Если вы можете оценить, почему, к примеру, состояние водоема плохое, то необходимо заполнить пункт «Возможные причины обнаруженных проблем».

Затем можно дать рекомендации по устранению этих проблем. Эти пункты заполнять необязательно, однако они помогут более детально разобраться с состоянием водотока и прилегающей территории и задуматься об улучшении сложившегося положения.

## 2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек

---

В оценке данных показателей мы не используем никаких инструментов, кроме своих глаз. Оценка каждого человека может быть весьма субъективной, поэтому необходимо работать в группе, обсуждать, приводить аргументы, что в конечном счете приведет к достаточно объективной оценке. Для проверки рекомендуется разделить участников на две группы, а затем сравнить результаты.

### 2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек с илистым или каменистым дном

Как уже отмечалось, приведенный выше протокол является наиболее простым и доступным в оценке состояния разнообразных водных объектов. Существуют и другие протоколы, более сложные, составление которых занимает больше времени [2]. Ниже приводятся протоколы оценки состояния ручьев и рек, имеющих определенные типы дна. Элементы оценки в них несколько отличаются, для некоторых из них обследуются оба берега ручья или реки.

Для того чтобы оценить качество ручья с каменистым дном, необходимо исследовать ряд параметров его русла, берегов, дна, скорость его течения, глубину, ширину и некоторые другие (всего десять). Для удобства исследователя разработана специальная форма, приведенная в п. 2.5.1, которая позволяет сделать оценку состояния ручья по четырехбалльной системе: **оптимальное состояние, ниже оптимального, критическое и плохое**. При оценке качества ручья и заполнении формы помните, что оценка местообитания является субъективной — здесь нет точных ответов.

**Первые два параметра состояния (оптимальное, ниже оптимального) оценивайте по следующим показателям.**

1. *Места, пригодные для прикрепления беспозвоночных животных.* Многие насекомые начинают свой жизненный цикл в воде, и для их существования требуется твердый субстрат для прикрепления (камни, бревна, ветви и пр.). Чем больше в ручье таких мест, тем больше разнообразие водных насекомых. Для оптимального развития донной фауны в ручьях требуется преобладание на дне булыжников, в меньшей степени — валунов и гравия.
2. *Заиленность твердых субстратов* показывает, насколько гравий, булыжники и валуны окружены илом, покрыты им или утоплены в нем. По

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---

мере заглубления камней в ил сокращается жизненное пространство для донных беспозвоночных, сокращается количество мест, пригодных для укрытия рыб и нереста.

**Следующие параметры оцениваются на 100-метровом отрезке ручья (малой реки).**

1. *Убежище для рыб.* Оценивается относительное количество и разнообразие естественных структур в ручье, таких как упавшие деревья, бревна, ветви, крупные камни и наличие обрывистых берегов, которые пригодны для укрытия рыб, нереста и питания. Обилие погруженных предметов предоставляет рыбам много жизненного пространства, что способствует их большому видовому разнообразию.
2. *Изменения русла.* Определяются крупномасштабные изменения формы русла ручья. Многие ручьи в пределах городов или в сельскохозяйственном ландшафте могут быть спрямлены, углублены или их берега могут быть укреплены бетоном. В таких ручьях очень мало естественных местообитаний для рыб, беспозвоночных и растений.
3. *Донные отложения.* Этот параметр указывает, сколько ила отложено на дне ручья. Высокая степень заиления дна делает условия существования нестабильными и постоянно изменяющимися, что не подходит для многих донных животных. Заиление обычно начинается на участках ручья с замедленным течением (омуты и изгибы русла) и приводит к образованию островков, мелей и, в конечном результате, вызывает полное заполнение донными отложениями омутов и ям.
4. *Сочетания скорости течения и глубины* ручья являются важным условием развития здоровых водных сообществ. Быстрое течение увеличивает концентрацию растворенного кислорода в воде, препятствует заилению омутов, способствует быстрому продвижению по ручью листового опада, веточек и водорослей. Места с медленным течением удобны для нереста рыб и жизни беспозвоночных, которые могут быть просто смыты быстрым течением. Мелкие участки ручья являются более аэрируемыми (в них больше растворенного кислорода), но глубокие места дольше остаются холодными. Таким образом, когда присутствуют все четыре сочетания — медленное (течение)/глубокий (ручей), быстрое/глубокий, медленное/мелкий и быстрое/мелкий, — в таком ручье следует ожидать самого большого разнообразия водных животных.



## 2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек

---

5. *Статус руслового потока* — это процент заполнения водой естественного русла ручья. Этот показатель изменяется, когда русло расширяется или поток ослабевает из-за строительства плотин, разного рода ирригационных сооружений или засухи. Если вода заполняет ложе ручья полностью, это приводит к сокращению жизненного пространства для водных организмов.

**Следующие показатели нужно оценивать для правого и левого берегов ручья отдельно.**

1. *Защищенность берегов растительностью* характеризует площадь берегов ручья, покрытую естественной растительностью (не посаженной человеком). Корневые системы растений, произрастающих по берегам, укрепляют почвенный покров и препятствуют эрозии. Растения затеняют обитающих в ручье рыб и беспозвоночных и дают им пищевой материал в виде листового опада. В идеальном случае по берегам ручья должны расти и деревья, и кустарник, и трава.
2. *Состояние берегов* характеризует насколько берега подвержены эрозии. Более крутые берега более подвержены эрозии, чем пологие. Признаками эрозии являются осыпающиеся берега, лишенные растительного покрова, оголенная почва и корни деревьев.
3. *Ширина зоны прибрежной растительности* определяется от самого края берега ручья. Зона прибрежной растительности является буфером для загрязняющих веществ, поступающих в ручей с поверхностным стоком.

**Качество ручья с заиленным дном также определяется по десяти показателям (форма для оценки приведена в п. 2.5.2).**

1. *Убежище для рыб и макробеспозвоночных* — наличие жизненного пространства и мест для укрытия (камни, коряги, обрывистые берега).
2. *Характеристика материала дна омутов и ям* описывает тип субстрата дна. В омуте, выстланном более твердым субстратом (гравий, песок) и заросшем водными растениями, можно обнаружить большее разнообразие живых организмов, чем в омуте без растений, дно которого заполнено илом.
3. *Разнообразие омутов*. Существуют четыре типа омутов: большие мелкие, большие глубокие, маленькие мелкие, маленькие глубокие. В ручье, в котором обнаружены все четыре комбинации, обычно наблюдается большее разнообразие водных организмов.

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

4. *Изменения русла* (то же, что и для ручья с каменистым дном).
5. *Донные отложения* (то же, что и для ручья с каменистым дном).
6. *Извилистость русла*. В ручье, который имеет много изгибов русла (меандрирует), существует большее разнообразие местообитаний и участков с различной скоростью течения. Изгибы ручья могут гасить энергию волн во время бури. Чтобы оценить этот параметр, следует представить, какова была бы длина ручья, если его выпрямить.
7. *Статус руслового потока* (то же, что и для ручья с каменистым дном).
8. *Защищенность берегов растительностью* (то же, что и для ручья с каменистым дном).
9. *Состояние берегов* (то же, что и для ручья с каменистым дном).
10. *Ширина зоны прибрежной растительности* (то же, что и для ручья с каменистым дном).

### 2.5.1. Форма для оценки местообитаний в ручьях с каменистым дном

Пожалуйста, заполните эту форму полностью. Для того чтобы дать оценки, обследуйте 100-метровый участок ручья на 75 м выше по течению от станции и на 25 м ниже. Обсудите каждую характеристику местообитания с членами вашей группы, прежде чем присвоить балл. ПОМНИТЕ: оценка местообитания является субъективной — здесь нет точных ответов.	Станция № _____	Дата: день _____ месяц _____ год _____
	Название станции / Локализация	
	Руководитель группы:	Телефон:
	Все члены группы:	

## 2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
1. Места прикрепления макробеспозвоночных. Обследуйте только зону порога	Порог такой же ширины, что и ручей. Длина в два раза превышает ширину ручья; преобладают крупные камни (булыжники), галька и гравий присутствуют	Порог такой же ширины, что и ручей, но его длина менее чем в два раза превышает ширину; крупные камни (булыжники) в меньшем количестве, галька и гравий присутствуют	Порог не так широк, как ручей, и его длина менее чем в два раза превышает ширину; галька и гравий присутствуют, преобладают камни; некоторое количество булыжника присутствует	Порог практически не существует; преобладают крупная галька и камни, крупные камни отсутствуют
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
2. Заиленность твердых субстратов. Обследуйте только зону порога	Ил окружает и заполняет на 0–25% пространство вокруг и между гравием, булыжником и галькой	Ил окружает и заполняет на 25–50% пространство вокруг и между гравием, булыжником и галькой	Ил окружает и заполняет на 50–75% пространство вокруг и между гравием, булыжником и галькой	Ил окружает и заполняет более чем 75% пространства вокруг и между гравием, булыжником и галькой
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
3. Убежище для рыб. Обследуйте все 100 метров	Коряги, утопленные бревна, обрывистые берега или другие стабильные местообитания найдены на более 50% площади	Коряги, утопленные бревна, обрывистые берега или другие стабильные местообитания найдены на 30–50% площади	Коряги, утопленные бревна, обрывистые берега или другие стабильные местообитания найдены на 10–30% площади	Коряги, утопленные бревна, обрывистые берега или другие стабильные местообитания найдены на менее 10% площади
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
4. Изменения русла. Обследуйте все 100 метров	Спряmlения, углубления русла, искусственные набережные, плотины, устои моста отсутствуют или минимальны; русло ручья извивается	Некоторые спряmlения, углубления русла, искусственные набережные, плотины присутствуют, обычно в районе устоев мостов; отсутствуют свидетельства недавней активности по изменению русла	Искусственные набережные одинаковой длины по обоим берегам присутствуют. От 40 до 80% ручья спряmlено, углублено или произведены другие изменения	Берега укреплены бетоном или цементом; более 80% русла ручья спряmlено и разрыто
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
5. Донные отложения. Обследуйте все 100 метров	Слабое или отсутствие увеличения островов или отмелей; менее чем 5% дна покрыто илом. Отсутствие измеримого количества отложенного материала в омутах	Наблюдается увеличение отмелей, главным образом за счет крупного гравия; 5–30% дна поражено, толщина слоя ила менее 2,5 см	Умеренное отложение нового гравия, грубый песок на старых и новых отмелях; 30–50% дна поражено; ил откладывается на препятствиях и изгибах ручья; слой отложений толщиной от 2,5 до 7,5 см	Обильные отложения тонкого материала; увеличенное развитие отмелей; более чем 50% дна поражено; омуты почти отсутствуют из-за существенных отложений ила (более 7,5 см толщиной)
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
6. Сочетание скорость течения / глубина. Обследуйте все 100 метров.	Присутствуют все четыре сочетания: медленное/глубокий, ыстрое/глубокий, медленное/мелкий и быстрое/мелкий. Медленное – менее чем 30 см/сек., мелкий — менее 45 см	3 из 4 сочетаний скорость течения/глубина присутствуют; преобладают области быстрого течения	Только 2 из 4 сочетаний скорость течения/глубина присутствуют. Балл ниже, если области быстрого течения отсутствуют	Доминирует 1 комбинация скорость течения/глубина (обычно медленное/мелкое)
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

## 2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
7. Статус руслового потока. Обследуются все пороги и поток в пределах всех 100 м	Вода достигает основания обоих берегов и минимальное количество дна русла обнажено	Вода заполняет более чем 75% доступного русла; менее чем 25% дна русла обнажено	Вода заполняет 25–75% доступного русла, и/или основания, в основном, обнажены	Очень мало воды в русле, и она находится, главным образом, в стоячих лужах
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
8. Защищенность берегов растительностью (дается балльная оценка для каждого берега). Обследуйте все 100 метров. Для того чтобы определить левую и правую стороны ручья, следует встать лицом по течению	Более 90% поверхности берегов ручья имеют естественный растительный покров, включая деревья, кустарники или другие растения; разрушения растительного покрова за счет выедания или прохождения через него скота минимальны или незаметны. Естественное произрастание почти всех растений не ограничено	70–90% поверхности берегов ручья имеют естественный растительный покров, но какой-либо один из типов растительности представлен слабо; налицо слабое разрушение растительности	50–70% поверхности берегов ручья имеют растительный покров; обычны пятна обнаженной почвы или тесно засеянная растительность	Менее 50% поверхности берегов ручья имеют растительный покров: повреждения береговой растительности очень тяжелые; растительность была удалена до 5 см или менее средней высоты
<b>БАЛЛЫ (левый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>БАЛЛЫ (правый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
9. Состояние берегов (дается балльная оценка для каждого берега). Обследуйте все 100 метров.	Берега стабильные; эрозия или обрушение берегов не заметны; потенциал для будущих проблем незначительный	Берега умеренно стабильные; редкие, небольшие участки эрозии, большей частью заживленные	Берега умеренно нестабильные: до 60% берегов имеют участки, пораженные эрозией; высокий эрозионный потенциал во время паводков	Берега нестабильные; множество участков разрушено эрозией; «ободранные» зоны вдоль прямых участков и изгибов части; разрушение и коллапс берегов очевиден; 60–100% берегов имеют эрозионные шрамы
<b>БАЛЛЫ (левый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>БАЛЛЫ (правый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
10. Прибрежная зона растительности (дается балльная оценка для каждого берега). Обследуйте все 100 метров зарослей в пойме	Ширина зоны прибрежной растительности более 15 м; активность человека в пределах зоны не выявлена (места парковки, дороги и т.д.)	Ширина зоны прибрежной растительности 10–12 м	Ширина зоны прибрежной растительности 6–10 м	Ширина зоны прибрежной растительности менее 6 м
<b>БАЛЛЫ (левый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>БАЛЛЫ (правый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Общий балл</b>				

## 2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек

### 2.5.2. Форма для оценки местообитаний в ручьях с заиленным дном

<p>Пожалуйста, заполните эту форму полностью.</p> <p>Для того чтобы дать оценки, обследуйте 100-метровый участок ручья на 75 м выше по течению от станции и на 25 м ниже.</p> <p>Обсудите каждую характеристику местообитания с членами вашей группы, прежде чем присвоить балл.</p> <p>ПОМНИТЕ: оценка местообитания является субъективной — здесь нет точных ответов.</p>	Станция № _____	Дата: день _____ месяц _____ год _____
	Название станции / Локализация	
	Руководитель группы:	Телефон:
	Все члены группы:	

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
1. Убежище для рыб и макробеспозвоночных. Обследуйте все 100 метров.	Коряги, бревна, щебень, булыжники или другие стабильные предметы занимают более 50% поверхности местообитания; бревна и коряги лежат на дне давно	Коряги, бревна, щебень, булыжники или другие стабильные предметы занимают 30–50% поверхности местообитания; встречаются старые бревна и коряги, но преобладают недавно упавшие	Коряги, бревна, щебень, булыжники или другие стабильные предметы занимают 10–30% поверхности местообитания; недавно упавшие бревна и коряги встречаются редко	Коряги, бревна, щебень, булыжники или другие стабильные предметы занимают 10–30% поверхности местообитания; ни старые, ни новые бревна и коряги не обнаружены
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
2. Характеристика материала дна омутов и ям. Обследуйте все 100 метров	На дне преобладает смесь гравия и крупного песка; обычны погруженная растительность и дерновина из корней	На дне преобладает смесь рыхлого песка, ила или глины; ил может преобладать; могут встречаться погруженная растительность и дерновина из корней	Дно целиком порыто илом, глиной или песком; немного или совсем нет дерновины из корней, погруженная растительность отсутствует	Дно покрыто плотной глиной или камнями; совсем нет дерновины из корней и погруженной растительности
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
3. Разнообразие омутов и ям. Обследуйте все 100 метров.	Встречаются все сочетания: большие мелкие, большие глубокие, маленькие мелкие, маленькие глубокие	Большинство омутов большие глубокие, очень мало мелких	Мелких омутов заметно больше глубоких	Большинство омутов маленькие, мелкие или они отсутствуют
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
4. Изменения русла. Обследуйте все 100 метров	Спряmlения, углубления русла, искусственные набережные, плотины, устои моста отсутствуют или минимальны; русло ручья извивается	Некоторые спряmlения, углубления русла, искусственные набережные, плотины присутствуют, обычно в районе устоев мостов; отсутствуют свидетельства недавней активности по изменению русла	Искусственные набережные одинаковой длины по обоим берегам присутствуют. От 40 до 80% ручья спряmlено, углублено или произведены другие изменения	Берега укреплены габионом или цементом; более 80% русла ручья спряmlено и разрыто
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
5. Донные отложения. Обследуйте все 100 метров	Менее 20% дна ручья поражено обширными донными отложениями; незначительно накопление мелкого и крупного материала на корягах и погруженной растительности; слабый намыв островков и берегов или таковой отсутствует	20–50% дна ручья поражено обширными донными отложениями; умеренное накопление материала; существенное перемещение донных отложений только во время сильных штормов; некоторое увеличение намывов у берегов	50–80% дна ручья поражено обширными донными отложениями; омуты мелкие и сильно заилены; насыпи или набережные могут быть по обоим берегам; существенное перемещение донных отложений во время сильных штормов	Более 90% дна ручья поражено обширными донными отложениями – илом и/или песком; омуты полностью заполнены илом
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>



## 2.5. Особенности составления протоколов визуальной оценки ручьев и рек

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
6. Извилистость русла. Обследуйте все 100 метров	За счет извивов реальная длина ручья в 3 или 4 раза больше расстояния между двумя точками по прямой	За счет извивов реальная длина ручья в 2 или 3 раза больше расстояния между двумя точками по прямой	За счет извивов реальная длина ручья до 2 раз больше расстояния между двумя точками по прямой	Русло спрямлено, водный поток канализирован
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
7. Статус руслового потока. Обследуются все пороги и поток в пределах всех 100 м	Вода достигает основания обоих берегов и дно русла минимально обнажено	Вода заполняет более чем 75% доступного русла; менее чем 25% дна русла обнажено	Вода заполняет 25–75% доступного русла, и/или основания, главным образом, обнажены	Очень мало воды в русле, и она находится, главным образом, в стоячих лужах
<b>БАЛЛЫ</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
8. Защищенность берегов растительностью (дается балльная оценка для каждого берега). Обследуйте все 100 метров. Для того чтобы определить левую и правую стороны ручья, следует встать лицом по течению	Более 90% поверхности берегов ручья имеют естественный растительный покров, включая деревья, кустарники или другие растения; разрушения растительного покрова за счет выедания или прохождения через него скота минимальны или незаметны. Естественное произрастание почти всех растений не ограничено	70–90% поверхности берегов ручья имеют естественный растительный покров, но какой-либо один из типов растительности представлен слабо; налицо слабое разрушение растительности	50–70% поверхности берегов ручья имеют растительный покров; обычные пятна обнаженной почвы или тесно засеянная растительность	Менее 50% поверхности берегов ручья имеют растительный покров: повреждения береговой растительности очень тяжелые; растительность была удалена до 5 см или менее средней высоты
<b>БАЛЛЫ (левый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
<b>БАЛЛЫ (правый берег)</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Параметр местообитания	Категория			
	Оптимальная	Ниже оптимальной	Критическая	Плохая
9. Состояние берегов (дается балльная оценка для каждого берега). Обследуйте все 100 метров	Берега стабильные; эрозия или обрушение берегов не заметны; потенциал для будущих проблем незначительный	Берега умеренно стабильные; редкие, небольшие участки эрозии, большей частью заживленные	Берега умеренно нестабильные: до 60% берегов имеют участки, пораженные эрозией; высокий эрозионный потенциал во время паводков	Берега нестабильные; множество участков разрушено эрозией; «ободранные» зоны вдоль прямых участков и изгибов часты; разрушение берегов очевидно; 60–100% берегов имеют эрозионные шрамы
БАЛЛЫ (левый берег)	10	5	3	1
БАЛЛЫ (правый берег)	10	5	3	1
10. Прибрежная зона растительности (дается балльная оценка для каждого берега). Обследуйте все 100 метров зарослей в пойме	Ширина зоны прибрежной растительности более 15 м; активность человека в пределах зоны не выявлена (места парковки, дороги и т.д.)	Ширина зоны прибрежной растительности 10–12 м	Ширина зоны прибрежной растительности 6–10 м	Ширина зоны прибрежной растительности менее 6 м
БАЛЛЫ (левый берег)	10	5	3	1
БАЛЛЫ (правый берег)	10	5	3	1
Общий балл	10	5	3	1

При подсчете баллов окончательная оценка выставляется по такой же градации, что и в предыдущем протоколе.

Средний балл _____	Состояние ручья (берега)
< 6,0	Плохое
6,1–7,4	Удовлетворительное
7,5–8,9	Хорошее
> 9,0	Отличное

## 2.6. Протокол визуальной оценки крупной реки

Может быть, ваша группа проводит мониторинг на берегу относительно крупной реки. В этом случае часть методик, которые описаны выше, не может быть использована. Тогда за основу визуальной оценки состояния реки следует использовать протокол, разработанный Всемирным фондом дикой природы (WWF), и активно используемый в настоящее время в программе «Исследователь природы Балтики». Мы помещаем этот протокол в сокращенном виде и приводим только те пункты, которые относятся к визуальной оценке русла и берегов.

### Протокол визуальной оценки состояния большой реки



WWF

**Исследовательский протокол  
Coastwatch Lake/Stream  
Наблюдения за побережьем озера/реки  
Систематический мониторинг участка озера/реки**

#### Привет, наблюдатели!

*Coastwatch Lake/Stream* — это часть международной программы мониторинга озер, рек и ручьев. При помощи регулярных наблюдений на наших озерах и водотоках мы можем узнать, как животные, растения и вода зависят друг от друга, как человек влияет на окружающую среду и лучше или хуже становится состояние воды.

Выберите совместно 500-метровую полосу вдоль водоема — это и будет территория ваших исследований. Внутри этой полосы выберите 50-метровый участок для измерений и изучения жизни животных и растений. Постарайтесь заполнить в этом протоколе как можно большее число пунктов. Чем лучше вы ответите на вопросы протокола, тем полнее и качественнее будет общий отчет по вашему региону.

#### А. Общие сведения

##### А1. Участники

1. Школа/организация .....
2. Класс/группа .....
3. Адрес: .....
4. Телефон: ..... Факс: .....
5. Учитель/руководитель .....

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

---

### *A2. Место исследования*

Мы исследовали:

1. Озеро .....
2. Реку, ручей .....
3. Город .....
4. Область .....
5. Название озера или реки .....  
Укажите название, которое есть на карте, или то, которое обычно для вас
6. Водный бассейн: .....  
Бассейн (или площадь водосбора) — это вся территория, с которой вода стекает в море в вашем регионе. Обычно бассейн называется по имени реки, впадающей в море. Если вы не уверены в названии бассейна, узнайте его у городских властей.
7. Конкретное место проведения исследования: .....  
Опишите место своими словами, например «в парке к югу от моста» и т. п.

*A3. Дата исследования* (число, месяц, год) .....

## **В. Описание территории исследований (всей 500-метровой полосы)**

### *B1. Что представляет собой берег озера/реки*

От того, что представляет собой берег реки или озера, зависят многие факторы, например, как быстро дождевые воды сбегают в водоем, какие животные обитают на данной территории или каков уровень pH. Обследуйте территорию и отметьте в таблице цифрой 1 наиболее характерное для вашего участка, цифрой 2 — следующее по степени обычности и т. д. Если что-то из перечисленного отсутствует — не отмечайте это ничем.

*a* — 0–10 м от воды; *b* — 10–50 м от воды .....

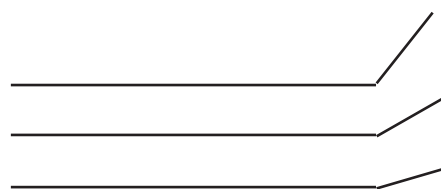
1. Лиственный лес/кусты .....
2. Хвойный лес .....
3. Болотистое место .....
4. Луг, поляна, где не пасут скот .....
5. Пастбище .....
6. Возделываемые земли (поля, огороды) .....
7. Город /населенный пункт .....
8. Зона отдыха/кемпинг .....
9. Прочее .....

В пункте 9 можете отметить какие-то особенности, если они есть, например, затонувшие суда, плотины, сточные трубы, развалины строений, предприятия и др.

## 2.6. Протокол визуальной оценки крупной реки

### ***B2. Склон берега***

Пометьте галочкой тот пункт, который больше всего подходит к характеру берегового склона на вашем участке

- 
1. Крутой склон, обрыв
  2. Склон умеренной крутизны
  3. Пологий склон

### **C. 50-метровый исследовательский участок**

***C1. Течение воды*** (относится только к ручьям или рекам, но можно измерить и течение на выходе из озера).

Параметры течения важны для того, чтобы определить, какие животные и растения могут жить в данном потоке. Некоторые животные могут быть просто унесены водой, а другие способны удерживаться на месте. У растений должна быть хорошая корневая система, чтобы прикрепляться ко дну.

1. Ширина водного потока (B): \_\_\_\_\_ дм  
Измерьте ширину каким-нибудь инструментом.

2. Глубина водного потока (D) \_\_\_\_\_ дм

Для измерения глубины можно использовать палку. Погрузите палку вертикально в воду, затем выньте ее и измерьте длину мокрой части. Не втыкайте палку в дно, иначе измерение будет неверным.

3. Скорость течения (H): \_\_\_\_\_ дм/сек. на середине потока.

Для этого измерения используйте мячик или другой плавающий предмет. Отмерьте 10-метровый участок, где мячик может плыть без помех. Бросьте мячик в воду чуть выше по течению от точки начала отсчета. Измерьте секундомером время, за которое мячик проплывет 10 м. Разделите 100 дм (10 м) на число секунд, и вы получите скорость в дм/сек.

4. Расход воды (F): \_\_\_\_\_ л/сек.

Можно либо вычислить полный расход воды на основании трех предыдущих измерений, либо, если у вас маленький ручеек, измерить его непосредственно. Посоветуйтесь с вашим учителем/руководителем, как это сделать.

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

### *C2. Как выглядит дно на исследовательском участке?*

Часть растений и животных приспособлена к обитанию на определенном дне. Поэтому имеющийся тип дна определяет, какие живые организмы здесь могут быть встречены. Зайдите в воду, по возможности, поглубже. Хорошо бы иметь маску для подводного плавания, чтобы смотреть на дно. Обследовав участок, заполните таблицу. Отметьте цифрой 1 наиболее характерное, цифрой 2 — следующее по степени обычности и т.д. Если что-то из перечисленного отсутствует — не отмечайте это ничем.

1. Дно покрыто живыми растениями
2. Слой полуразложившихся частей растений (обычно листьев)
3. Илистая грязь (разложившиеся части растений, на ощупь маслянистая масса, имеет специфический запах)
4. Глина
5. Песок (сыпучий, как на пляже)
6. Мелкая галька, крупный песок (2–20 мм)
7. Камни (2–20 см)
8. Валуны, скальные породы

### **D. Исследование мусора**

#### *D1. Какой мусор можно обнаружить на территории ваших исследований (500 м)?*

Ваша задача заключается в том, чтобы сосчитать и, по возможности, собрать весь мусор в пределах береговой полосы шириной 10 м, считая от кромки воды, а также, если сумеете, и тот, что находится в воде. Возьмите с собой мешки для мусора. Все, что вы в них соберете, пересчитайте и занесите в приведенную ниже таблицу. Не забудьте сложить в отдельный мешок те вещи, которые пригодны для многократного использования (бутылки и пр.).

#### **Количество находок, которые, по нашему мнению, являются мусором**

1. Одежда, обувь
2. Бумажные упаковки, картонки из-под молока, сока и пр.
3. Рыболовная леска, сети, пластмассовые бутылки

## 2.7. Упрощенная методика визуальной оценки экологического состояния

---

4. Крупногабаритный мусор — части машин и механизмов, холодильники, автомашины, велосипеды
5. Автомобильные шины
6. Банки (многократного и одноразового использования)
7. Стекланные бутылки (многократного и одноразового использования)
8. Пластмассовые бутылки (многократного и одноразового использования)
9. Другие объекты:
  - а) тряпки, изделия из тканей
  - б) бумага, упаковочные материалы, картонные коробки
  - в) деревянные материалы, куски мебели
  - г) металлические банки, канистры, трубы
  - д) гудрон, асфальт, нефтепродукты, ядохимикаты, краски
  - е) стройматериалы, бетон, кафель, железобетонные блоки
  - ж) куски пластмассы, пенопласта, резины
  - з) стекло, битые бутылки и банки
  - и) прочее

### *D2. Мы сделали свой собственный протокол по мусору*

Если мусора у вас на участке очень мало, лучше перечислить каждую из найденных вещей.

### *D3. Результаты уборки мусора*

Мы собрали несколько мешков мусора. Количество мешков: .....

## 2.7. Упрощенная методика визуальной оценки экологического состояния водного объекта

Приводимая ниже упрощенная методика визуальной оценки экологического состояния водного объекта применима для исследования любого водотока (реки любого порядка) и водоема (озер, прудов). Возможен анализ отдельных участков объекта, а суммирование баллов всех его частей позволяет характеризовать состояние реки или озера в целом (табл. 2).

## 2. ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА

Таблица 2

### Визуальная оценка экологического состояния водного объекта

5 баллов	3 балла	0 баллов
1. Воду хочется пить	Пить, но только после очистки и кипячения	Не хочется ни в каком виде
2. Хочется искупаться	Только если очень жарко	Ни за что
3. Мусор отсутствует	Иногда встречается	Много – почти свалка
4. Стоки отсутствуют	Есть труба, но не действует	Действующий сток
5. Предприятия, дома, фермы в 500 м от уреза воды	Предприятия, дома, фермы в 100 м от уреза воды	Предприятия, дома, фермы в 10–50 м от уреза воды
6. Гидротехнические сооружения (плотины, забор воды и т.д.) отсутствуют	Гидротехнические сооружения (плотины, забор воды и т.д.) есть, но не действуют	Гидротехнические сооружения (плотины, забор воды и т.д.) действующие
7. Русло естественное	Русло измененное	Русло заключено в трубу
8. Берега сильно заросшие	Мало растительности	Растительности нет
9. Течение водотока сильное	Течение водотока слабое	Течение водотока сильно замедленное или отсутствует
10. Рыбы много (ведется вылов)	Рыбаки вылавливают единичные экземпляры	Рыба отсутствует
11. Раки есть	Иногда встречаются	Отсутствуют
12. Беспозвоночных много	Встречаются отдельные особи	Визуально не наблюдаются
13. Имеется научная информация о качестве воды	В СМИ – редкие сведения	Нет никаких сведений
14. По имеющимся данным – вода чистая	По имеющимся данным – вода умеренно-загрязненная	По имеющимся данным – вода грязная

#### Итог:

**56–70 баллов — 1 категория (у водного объекта отсутствуют экологические проблемы)**

**42–56 баллов — 2 категория (состояние водного объекта удовлетворительное)**

**42–0 баллов — 3 категория (у водного объекта серьезные экологические проблемы)**



### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### 3.1. Общие сведения о гидрохимических показателях качества воды и методах их определения

Большинство методов определения показателей качества воды являются химическими, т. к. позволяют определить содержание химических компонентов в составе воды, и основаны на химико-аналитических реакциях. По действующим нормативам только обязательному определению при санитарно-химическом контроле подлежат свыше 40 химических веществ (существуют еще вещества, контролируемые выборочно). На все определяемые химические вещества в воде установлены нормативы допустимого содержания — предельно допустимые концентрации (ПДК).

Рассматривая гидрохимические показатели, различают общие (групповые), а также индивидуальные показатели качества воды. В настоящем руководстве предложен инструментарий для определения не всех, а некоторых, важнейших, гидрохимических показателей, которые позволяют характеризовать экологическое состояние водных объектов посредством определения показателей качества воды, а также (что немаловажно) могут быть определены с применением несложного оборудования — портативных химических тест-комплектов и полевых лабораторий. Более обширная информация о гидрохимических показателях и методах их определения, подготовке реактивов, способах консервации проб и др. приведена в специальных изданиях [3, 13, 14, 15].

Остановимся кратко на показателях, описанных в настоящем руководстве. (Подробнее сведения о гидрохимических показателях и методах их определения приведены ниже в пунктах описания определения соответствующих показателей, а также в таблице приложения 2.)

*К органолептическим показателям* относят вкус и привкус, запах, мутность и прозрачность, пенистость, цветность.

*К общим показателям* — биохимическое потребление кислорода (БПК); водородный показатель (рН); карбонаты, гидрокарбонаты, щелочность и карбонатную жесткость; общую жесткость.

*К индивидуальным показателям* — содержание аммония, общего железа, нитратов, растворенного кислорода, сульфатов, фосфатов, хлоридов.

Любое знакомство со свойствами воды начинается с определения органолептических показателей, т. е. таких, для определения которых мы пользу-

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

емя нашими органами чувств (зрением, обонянием, вкусом). Органолептическая оценка приносит много прямой и косвенной информации о составе воды и может быть проведена быстро и без каких-либо приборов.

**Запах** воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые попадают в воду естественным путем либо со сточными водами. Практически все органические вещества (в особенности жидкие) имеют запах и передают его воде. Обычно запах определяют при нормальной (20°C) и при повышенной (60°C) температуре воды.

**Мутность** воды обусловлена содержанием взвешенных в воде мелкодисперсных примесей — нерастворимых или коллоидных частиц различного происхождения. Мутность можно определять с помощью приборов (фотометрически), а также визуально.

**Прозрачность**, или светопропускание, обусловлено цветом и мутностью воды, т. е. содержанием в ней различных окрашенных и минеральных веществ. Прозрачность воды часто определяют наряду с мутностью, особенно в тех случаях, когда вода имеет незначительные окраску и мутность.

Мутность и прозрачность воды определяются с применением тест-комплекта «Мутность/Прозрачность».

Прозрачность воды можно определить с использованием диска Секки практически в любых условиях и на любом водоеме, независимо от его глубины, наличия мостов, погодных условий и др.

**Цветность** — естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Цветность воды может определяться свойствами и структурой дна водоема, характером водной растительности, прилегающих к водоему почв, наличием в водосборном бассейне болот и торфяников и др. Для воды поверхностных водоемов этот показатель допускается не более 20 градусов по шкале цветности. Цветность воды определяется с применением тест-комплекта «Цветность».

**Водородный показатель (pH)** представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе:  $pH = -\lg[H^+]$ .

Для всего живого в воде (за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий) минимально возможная величина pH = 5; дождь, имеющий pH < 5,5, считается кислотным дождем.

В питьевой воде допускается pH 6,0–9,0; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования — 6,5–8,5.

Измерение pH при контроле качества природной и питьевой воды проводится практически повсеместно. Для определения pH используют pH-метрию и визуальную колориметрию.

### 3.1. Общие сведения о гидрохимических показателях качества воды

---

В некоторых случаях — для быстрого (сигнального) анализа неизвестных растворов — используется рН-индикаторная бумага, имеющая точность определения рН не более  $\pm 1$ , что недостаточно для выполнения анализа природной и питьевой воды. Вместе с тем, при грубой оценке индикаторная бумага также может использоваться.

Ниже мы приводим визуально-колориметрический метод определения рН как наиболее простой и доступный. Данный метод применяется в тест-комплекте «рН».

Ряд показателей качества воды так или иначе связан с определением концентрации растворенных в воде различных минеральных веществ. К таким веществам относятся растворимые соли — *хлориды, сульфаты, карбонаты и гидрокарбонаты*. Содержащиеся в воде минеральные соли вносят разный вклад в общее солесодержание, которое может быть рассчитано суммированием массовых концентраций каждой из солей. Пресной считается вода, имеющая общее солесодержание, или минерализацию, не более 1 г/л. Соответствующими катионами для названных анионов являются калий, натрий, кальций, магний.

Минеральный состав воды интересен тем, что отражает результат взаимодействия воды как физической фазы и среды жизни с другими фазами (средами): твердой, т.е. береговыми и подстилающими, а также почвообразующими минералами и породами; газообразной (с воздушной средой) и содержащейся в ней влагой и минеральными компонентами. Кроме того, минеральный состав воды обусловлен целым рядом протекающих в разных средах физико-химических и физических процессов — растворения и кристаллизации, пептизации и коагуляции, седиментации, испарения и конденсации и др. Большое влияние на минеральный состав воды поверхностных водоемов оказывают протекающие в атмосфере и в других средах химические реакции с участием соединений азота, углерода, кислорода, серы и др.

Концентрации растворенных в воде минеральных солей определяют, как правило, химическими методами — титриметрическим, колориметрическим. Концентрации некоторых компонентов (например, катионов натрия, калия) в воде можно оценить расчетными методами, имея данные о значениях концентраций других катионов и анионов.

Вышеуказанные растворимые соли (точнее, их анионы) определяются с применением тест-комплектов, имеющих названия соответственно «Хлориды», «Сульфиды», «Карбонаты, щелочность».

Следует отметить, что в природных водах часто определяют такой показатель, как *электропроводность*. Определение проводят с применением различных портативных электропотребляющих приборов — кондуктометров. Резуль-

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

тат измерения электропроводности характеризует суммарное содержание солей, имеющих подвижные ионы, способные нести электрический заряд (основной вклад в электропроводность вносят главные катионы и анионы, формирующие солесодержание воды).

**Жесткость воды** — одно из важнейших ее свойств, имеющее большое значение для многих аспектов гидрологии, гидробиологии, гидрохимии, при водопользовании и т. п. Жесткость воды обусловлена присутствием растворимых и малорастворимых солей-минералов, главным образом кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Кроме указанных к солям жесткости относят также соли стронция ( $\text{Sr}^{2+}$ ), цинка ( $\text{Zn}^{2+}$ ) и др., однако в поверхностных и грунтовых природных водах из перечисленных катионов в заметных концентрациях присутствуют почти исключительно кальций и магний. Величина жесткости воды может варьироваться в широких пределах в зависимости от типа пород и почв, слагающих бассейн водосбора, а также от сезона, погодных условий.

Из всех солей, относящихся к солям жесткости, выделяют гидрокарбонаты, сульфаты и хлориды. Содержание других растворимых солей кальция и магния в природных водах обычно очень мало.

Жесткость, обусловленная хлоридами или сульфатами, называется постоянной, т. к. эти соли устойчивы при нагревании и кипячении воды. Суммарная жесткость воды, т. е. общее содержание растворимых солей кальция и магния, и получила название *общей жесткости*.

Ввиду того, что солями жесткости являются соли разных катионов, имеющие разную молекулярную массу, концентрация солей жесткости, или жесткость воды, измеряется в единицах эквивалентной концентрации, т. е. количеством моль/л или ммоль/л. С 2003 г. в Российской Федерации жесткость воды обозначается как (Ж) и выражается в градусах жесткости ( $^{\circ}\text{Ж}$ ). Градус жесткости соответствует концентрации щелочноземельного элемента, преимущественно кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), численно равной 1/2 его моля, выраженной в мг/л (ГОСТ Р 52029). Таким образом, вместо использовавшейся ранее размерности общей жесткости ммоль/л эквивалента следует использовать  $^{\circ}\text{Ж}$ , при этом численные значения величины жесткости не изменяются.  $1^{\circ}\text{Ж} = 20,04 \text{ мг/л } [\text{Ca}^{2+}] \text{ или } 12,15 \text{ мг/л } [\text{Mg}^{2+}]$ .

Допустимая величина общей жесткости для питьевой воды и источников централизованного водоснабжения составляет не более  $7^{\circ}\text{Ж}$  (в отдельных случаях — до  $10^{\circ}\text{Ж}$ ), лимитирующий показатель вредности — органолептический.

При жесткости до  $4^{\circ}\text{Ж}$  вода считается мягкой; от 4 до  $8^{\circ}\text{Ж}$  — средней жесткости; от 8 до  $12^{\circ}\text{Ж}$  — жесткой; более  $12^{\circ}\text{Ж}$  — очень жесткой (встречается и другая классификация воды по степеням жесткости).

### 3.1. Общие сведения о гидрохимических показателях качества воды

---

Общая жесткость воды определяется с применением тест-комплекта «Общая жесткость».

**Щелочность воды** обусловлена присутствием в воде веществ, содержащих гидроксоанион, а также веществ, реагирующих с сильными кислотами (соляной, серной).

Гидрокарбонаты и карбонаты являются веществами, потребляющими кислоту при титровании. Поэтому они определяются одним методом, основанным на постепенном титровании пробы воды титрованным раствором кислоты. При этом, в зависимости от количества раствора кислоты, затраченного на титрование до определенных значений рН (о них судят по переходу окраски индикаторов — фенолфталеина и метилоранжа), определяют количества и соотношение в воде всех соединений и их форм, реагирующих с кислотой (гидроксил-, карбонат- и гидрокарбонат-анионов).

Присутствие заметных концентраций карбонат-аниона возможно лишь в водах, рН которых более 8,0–8,2. Суммарное содержание солей карбонат- и гидрокарбонат-анионов считается карбонатной жесткостью.

Определение карбонатов и гидрокарбонатов, а также карбонатной жесткости и щелочности является титриметрическим и выполняется с помощью тест-комплекта «Карбонаты, щелочность».

Кроме соединений, составляющих минерализацию воды, в ней присутствуют так называемые **биогены**. Биогенами, или биогенными элементами, традиционно считаются элементы, входящие в значительных количествах в состав живых организмов. Круг элементов, относимых к биогенным, достаточно широк, это азот, фосфор, сера, железо, кальций, магний, калий и др. Вопросы контроля качества воды и экологической оценки водоемов внесли в понятие биогенных элементов более широкий смысл: к ним относят соединения (точнее, компоненты воды), которые, во-первых, являются продуктами жизнедеятельности различных организмов и, во-вторых, являются «строительным материалом» для живых организмов. В первую очередь к ним относятся соединения азота (нитраты, нитриты, органические и неорганические аммонийные соединения), а также фосфоры (ортофосфаты, полифосфаты, органические эфиры фосфорной кислоты и др.).

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

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

предлагается визуально-колориметрический метод с использованием тест-комплекта «Нитраты».

Содержание *ионов аммония* в природных водах изменяется в интервале от 10 до 200 мг/л. Их присутствие в незагрязненных водах связано в основном с процессами разложения белковых веществ, аминокислот, мочевины. Основными источниками поступления ионов аммония являются поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической и лесотехнической промышленности.

Определение катионов аммония проводят колориметрическим методом на основе реакции с реактивом Несслера с образованием окрашенного в щелочной среде в желтый цвет соединения. Определение аммония проводится с применением тест-комплекта «Аммоний».

**Соединения фосфора.** В природных и сточных водах фосфор может присутствовать в разных видах. В растворенном состоянии он может находиться в виде ортофосфорной кислоты ( $H_3PO_4$ ) и ее анионов ( $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ), в виде мета-, пиро- и полифосфатов (эти вещества используют для предупреждения образования накипи, они входят также в состав моющих средств). Кроме того, существуют разнообразные фосфорорганические соединения — нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, фосфолипиды и др., которые также могут присутствовать в воде, являясь продуктами жизнедеятельности или разложения организмов. К фосфорорганическим соединениям относятся также некоторые пестициды.

Фосфор может содержаться и в нерастворенном состоянии, присутствуя в виде взвешенных в воде трудно растворимых фосфатов, включая природные минералы, белковые, органические фосфорсодержащие соединения, остатки умерших организмов и др.

Фосфор является необходимым элементом для жизни, однако его избыток приводит к ускоренной эвтрофикации водоемов. Большие количества фосфора могут попадать в водоемы в результате естественных и антропогенных процессов — поверхностной эрозии почв, неправильного или избыточного применения минеральных удобрений и др.

Фосфаты определяются колориметрическим методом по реакции с молибдатом аммония с применением тест-комплекта «Ортофосфаты».

**Железо** — один из наиболее распространенных элементов в природе. Поэтому неудивительно, что железо в малых концентрациях встречается практически во всех природных водах (до 1 мг/л при ПДК на сумму железа 0,3 мг/л) и особенно — в загрязненных водах. В последние железо может попадать из отходов (сточных вод) травильных и гальванических цехов, участ-

### 3.1. Общие сведения о гидрохимических показателях качества воды

---

ков подготовки металлических поверхностей, стоков при крашении тканей и др. Поскольку соединения железа в воде могут существовать в различных формах, как в растворе, так и во взвешенных частицах, точные результаты могут быть получены только при определении суммарного железа во всех его формах, так называемого общего железа. Предлагаемый метод определения железа с применением тест-комплекта «Железо общее» является визуально-колориметрическим и основан на способности катиона железа (II) в интервале pH 3–9 образовывать с ортофенантролином комплексное оранжево-красное соединение.

**Кислород** постоянно присутствует в растворенном виде в поверхностных водах. Содержание растворенного кислорода (РК) в воде характеризует кислородный режим водоема и имеет важнейшее значение для оценки его экологического и санитарного состояния. Кислород должен содержаться в воде в достаточном количестве, обеспечивая условия для дыхания гидробионтов. Он также необходим для самоочищения водоемов, т.к. участвует в процессах окисления органических и других примесей, разложения отмерших организмов. Снижение концентрации РК свидетельствует об изменении биологических процессов в водоеме, о загрязнении водоема биохимически интенсивно окисляющимися веществами (в первую очередь органическими). Потребление кислорода обусловлено также химическими процессами окисления содержащихся в воде примесей и дыханием водных организмов. Уменьшение концентрации РК до 2 мг/л вызывает массовую гибель рыб и других гидробионтов.

При каждом значении температуры существует равновесная концентрация кислорода, которую можно определить по специальным справочным таблицам, составленным для нормального атмосферного давления. Степень насыщения воды кислородом, соответствующая равновесной концентрации, принимается равной 100%. Растворимость кислорода возрастает с уменьшением температуры и минерализации, а также с увеличением атмосферного давления.

Определение концентрации РК в воде проводится с применением тест-комплекта «РК-БПК» методом йодометрического титрования — методом Винклера, широко используемым и общепринятым при санитарно-химическом и экологическом контроле.

При гидрохимической оценке экологического состояния водоема важную информацию предоставляет анализ также по такому показателю, как **биохимическое потребление кислорода (БПК)**. Дело в том, что в природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Их концентрации могут быть иногда очень малы (например, в родниковых и талых водах). При-

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

родными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоем с листья, по воздуху, с берегов и т. п. Кроме природных, существуют также техногенные источники органических веществ: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т. д. Органические загрязнения попадают в водоем разными путями, главным образом, со сточными водами и дождевыми поверхностными смывами с почвы.

В естественных условиях находящиеся в воде органические вещества разрушаются бактериями, претерпевая аэробное биохимическое окисление с образованием двуокиси углерода. При этом на окисление потребляется растворенный в воде кислород. В водоемах с большим содержанием органических веществ большая часть РК потребляется на биохимическое окисление, лишая, таким образом, кислорода другие организмы. При этом увеличивается количество организмов, более устойчивых к низкому содержанию РК, исчезают кислородолюбивые виды и появляются виды, терпимые к дефициту кислорода. Таким образом, в процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит уменьшение концентрации РК, и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. Соответствующий показатель качества воды, характеризующий суммарное содержание в воде органических веществ, и называется биохимическим потреблением кислорода (БПК).



Обратите внимание на то, что гидрохимические методы и соответствующее полевое оборудование (тест-комплекты, портативные лаборатории) особенно успешно применимы для оценки экологического состояния почвы на территориях, непосредственно примыкающих к малым рекам и другим водным объектам [4, 5, 14]. Получаемые при этом данные (кислотность почвы, содержание растворимых солей — хлоритов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, нитратов, общей жесткости и др.) также позволяют характеризовать экологическое состояние водного объекта, делая вывод исследователей еще более обоснованным.



### 3.2. Особенности применяемых методов и выполняемых операций

Характеристики проб воды определяются визуальным, органолептическим, визуально-колориметрическим, фотоколориметрическим, титриметрическим, и расчетными методами. Характеристики почвенных вытяжек (водных, солевых) определяются путем их анализа с помощью методов, используемых для анализа соответствующих компонентов в воде. Особенности применяемых методов и выполняемых операций подробно изложены в руководствах [3, 13]. Ниже мы коротко остановимся на наиболее существенных особенностях.

#### Органолептические методы

Органолептическая оценка качества воды — обязательная начальная процедура санитарно-химического контроля воды. Ее правильному проведению специалисты придают большое значение.

Человек, выполняющий анализ, должен уметь корректно определять вкус, запах, цвет (цветность), мутность (прозрачность), используя собственные вкусовые ощущения, обоняние и зрение.

При определении цвета и мутности следует обеспечивать освещение, достаточное по его характеру, интенсивности и направленности; при определении запаха влияющими факторами являются температура пробы и движение воздуха (наличие ветра).

#### Титриметрические методы

*Титриметрический* метод анализа основан на количественном определении объема раствора одного или двух веществ, вступающих между собой в реакцию, причем концентрация одного из них должна быть точно известна. Раствор, концентрация вещества в котором точно известна, называется *титрантом*, или *титрованным раствором*. При анализе чаще всего стандартный раствор помещают в измерительный сосуд и осторожно, малыми порциями, дозируют его, приливая к исследуемому раствору до тех пор, пока не будет установлено окончание реакции. Эта операция называется *титрованием*. В момент окончания реакции происходит стехиометрическое взаимодействие титранта с анализируемым веществом и достигается точка эквивалентности. В точке эквивалентности затраченное на титрование количество (моль) титранта точно равно и химически эквивалентно количеству (моль) определяемого компонента. Точку эквивалентности определяют, вводя в раствор подходящий индикатор и наблюдая за изменением окраски.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ



При выполнении анализа титриметрическим методом (карбонат, гидрокарбонат, хлорид, кальций, общая жесткость и др.) определение проводят в склянках или пробирках вместимостью 15–20 мл, имеющих метки (5 мл, 10 мл, 20 мл).

В процессе титрования раствор перемешивают стеклянной палочкой либо встряхиванием.

Для удобства работы с пробирками их устанавливают в штативе.



Требуемые объемы растворов при титровании отмеряют с применением мерных пипеток или более простых дозирующих устройств — шприцев, калиброванных капельниц и др. (рис. 10).

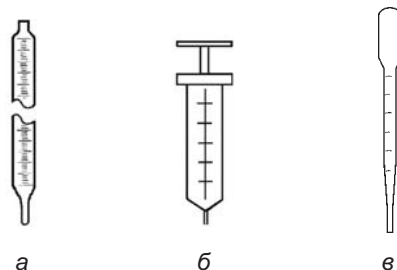


Рис. 10. Средства дозирования растворов:  
а — мерная пипетка; б — шприц-дозатор;  
в — пипетка-капельница простая полимерная.

Для удобства заполнения мерных пипеток растворами и титрования их герметично соединяют с резиновой грушей, используя соединительную резиновую трубку. **Запрещается заполнение пипеток растворами путем их всасывания ртом!** Еще удобнее работать с мерными пипетками, устанавливая их в штативе вместе с медицинским шприцем, герметично соединенным с пипеткой гибкой трубкой (резиновой, силиконовой и т. п.) (рис. 11).

### 3.2. Особенности применяемых методов и выполняемых операций

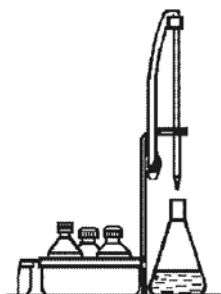
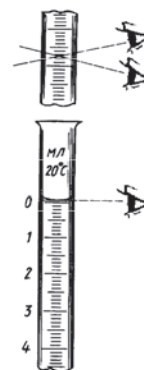


Рис. 11. Установка для титрования в штативе на основе мерной пипетки

Следует иметь в виду, что измерение объема водного 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.

Переход окраски в прозрачных растворах лучше наблюдать на белом фоне (на фоне листа белой бумаги), при наличии мутности — на темном фоне.



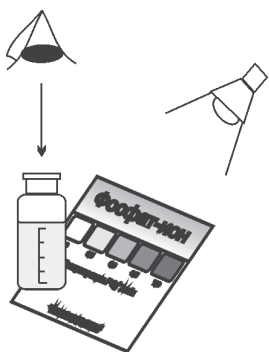
#### Колориметрические методы

*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, оценивая интенсивность 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, нитрат, аммоний, фосфат и др.) определение проводится в колориметрических пробирках с меткой «5 мл» либо в склянках с меткой «10 мл».

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---



При визуальном колориметрировании результат анализа получают путем сравнения окраски пробы с цветовой контрольной шкалой. Приведенные на цветовой контрольной шкале образцы воспроизводят цвет и интенсивность окраски для значений концентрации компонента в пробе, которые приписаны к данному образцу. Цветовая контрольная шкала может быть выполнена в виде шкалы эталонных растворов или в виде пленочной контрольной шкалы. Контрольные пленочные шкалы, применяемые в комплектах производства ЗАО «Крисмас+», выполнены водозащитными (ламинированы).

Визуальное колориметрирование пробы проводят, располагая колориметрическую склянку или пробирку на белом поле контрольной шкалы и, освещая склянку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, наблюдают окраску раствора сверху. Определяют ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации компонента.

Следует иметь в виду, что возникающие в процессе колориметрических реакций окраски обычно малоустойчивы, поэтому при описании процедур анализа следует придерживаться указанной для данного определения продолжительности операций.

#### **О выполнении анализа с фотоколориметрированием проб**

Окрашенные пробы, полученные при выполнении анализов, можно колориметрировать с помощью фотоэлектроколориметров — как полевых, так и лабораторных. Унифицированные технологии анализа ЗАО «Крисмас+» с применением полевых лабораторий и тест-комплектов позволяют проводить определения с использованием выпускаемых в России и за рубежом промышленных фотоэлектроколориметров.

Выпускаемые отечественной промышленностью современные портативные полевые фотоколориметры являются универсальными, т. к. имеют автономное питание, пригодны для работы в полевых и лабораторных условиях, имеют оригинальное программное обеспечение и позволяют выводить данные на персональный компьютер. Для выполнения анализов в экспедиционных условиях ЗАО «Крисмас+» предоставляет набор-укладку для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К» (см. ниже в п. 3.11). В наборе кроме фотоколориметра, работающего в режиме концентратометра, имеются принадлежности — склянки для хранения и транспортировки проб, кюветы, набор светодиодов в широком диапазоне длин волн видимого света и сборник фотоколориметри-

### 3.3. Меры безопасности при выполнении анализов

---

ческих МВИ. При анализах проб в экспедиционных условиях портативные колориметры удобно использовать в комплекте с ноутбуком.

При использовании для колориметрирования проб фотоколориметров оптическую плотность растворов-проб измеряют, как правило в кюветах с длиной оптического пути 10 мм из комплекта фотоколориметра. Приборное колориметрирование позволяет существенно повысить точность анализа, однако требует значительно большей тщательности в работе и квалификации.

Необходимым этапом фотоколориметрического анализа является построение градуировочной характеристики, которая должна быть выполнена заблаговременно в соответствии с используемой МВИ. В зависимости от типа используемого фотоколориметра, в результате фотоколориметрирования может определяться концентрация анализируемого вещества или оптическая плотность проб. Концентрация анализируемого вещества выводится автоматически на дисплей фотоколориметра непосредственно при фотоколориметрировании при условии, что колориметр поставляется запрограммированным на автоматический расчет значений концентрации при анализе, т. е. в него уже введены параметры градуировочной характеристики. В этом случае прибор работает в режиме концентратомера.

При проведении фотоколориметрирования пробы в ходе анализа предусматривается выполнение всех операций с использованием комплектующих и реактивов, имеющихся в составе соответствующего тест-комплекта (указаны при описании процедур анализа каждого компонента).

Полный перечень оборудования, используемого при фотоколориметрическом определении, приведен в соответствующей методике выполнения измерений. В общем случае кроме средств комплектации из состава тест-комплекта при фотоколориметрическом определении используется фотоколориметр с набором кювет (10 мм), а также следующее оборудование для построения градуировочной характеристики (если прибор градуируется потребителем): набор мерной посуды — пипетки градуированные (1–10 мл), колбы мерные (50 мл, 100 мл, 1000 мл), стандартный образец состава для соответствующего компонента, вода дистиллированная.

При этом измеряют значения оптической плотности растворов, приготавливаемых согласно методике выполнения измерений конкретного показателя.

### 3.3. Меры безопасности при выполнении анализов

#### Факторы опасности

Соблюдение и учет требований безопасности при анализах, при очевидной простоте соответствующих мер, может показаться, на первый взгляд, излишним и неприятным делом. Однако если предполагается работать с хими-

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

ческими веществами, стеклянной посудой и приборами, следует представлять основные факторы опасности. К ним относятся:

- попадание далеко не безвредных химических веществ (возможно, едких, токсичных или вообще незнакомых) и растворов на кожные покровы, слизистые оболочки, в пищеварительный тракт и органы дыхания, а также на одежду, предметы пользования и оборудование. Этот риск может обернуться неприятностями не только для вас самих, но и для ваших коллег, друзей или знакомых;
- порезы и ранения осколками стекла при использовании поврежденной посуды или неумелом обращении с ней;
- электрические поражения при работе с электропотребляющим оборудованием (более актуально для лабораторных условий);
- термические поражения (ожоги) при работе с нагревательными приборами.

Кроме того, при работе в полевых (походных) условиях существует *особая группа факторов риска*, обусловленная необходимостью учета условий для безопасной жизнедеятельности, в том числе:

- погодных условий (пониженные или повышенные температуры, осадки, ветер) и связанных с ними возможностей заболеваний, снижения работоспособности, ошибок;
- условий реальной местности (неровностей) и возможных травм и порчи оборудования — боя стеклянной посуды, пролива растворов и т. п. при падениях;
- выполнения подготовительных и сопутствующих действий, необходимых для обеспечения жизнедеятельности в походных условиях — таких, как заготовка дров, приготовление пищи, постройка лагеря и т. п., отвлекающих внимание и силы участников от анализов и снижающих аккуратность и точность выполнения операций, что также может привести к отрицательным последствиям.

#### **Общие правила безопасной работы**

Список химических реактивов и растворов, используемых при анализах, и их укрупненный состав приведены в тексте каждого определения. Операции при приготовлении растворов и при проведении анализов, создающие факторы риска, требующие осторожности и тщательности, особо помечены в тексте описаний.

Необходимые при выполнении анализов растворы, реактивы и растворители следует содержать в герметично закрываемых стеклянных флаконах и приготавливать с соблюдением правил, предусмотренных для химико-аналитических работ.

### 3.4. Унифицированная методика приготовления почвенных вытяжек

---

Во время работы в полевых и лабораторных условиях необходимо соблюдать следующие общие правила:

- 1) избегать попадания химикатов и растворов на слизистые оболочки (рта, глаз), кожу, одежду;
- 2) не принимать пищу (питье);
- 3) не курить и не пользоваться открытым огнем;
- 4) обращать внимание на герметичность упаковки химикатов (реактивов), а также на наличие хорошо и однозначно читаемых этикеток на склянках;
- 5) избегать вдыхания химикатов, особенно образующих пыль или пары;
- 6) при работе со стеклянной посудой соблюдать осторожность во избежание порезов;
- 7) при отборе растворов пипетками пользоваться закрепленным в штативе шприцем с соединительной трубкой (не втягивать растворы в пипетку ртом!);
- 8) добавление к пробам растворов химических веществ и сухих реактивов следует производить в резиновых перчатках и защитных очках.

#### **Правила работы с едкими веществами и растворами**

При выполнении анализов используются растворы кислот и щелочей, щелочные и кислотные буферные растворы, растворы аммиака, соляной кислоты и др.

Особенно опасны растворы кислот и щелочей при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть несильной струей воды, 2%-ным водным раствором соды (при попадании кислот) или 3%-ным водным раствором борной кислоты (при попадании растворов щелочей) и срочно обратиться к врачу.

Факторы опасности и правила безопасной работы необходимо иметь в виду и при консервации проб растворами кислот.

### **3.4. Унифицированная методика приготовления почвенных вытяжек**

Тест-комплекты из состава ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р» позволяют анализировать не только воду, но и почвенные вытяжки. Исследователь таким образом получает ценную информацию о показателях, характеризующих экологическое состояние почвы — кислотности, засоленности, содержании элементов питания.

Подробные сведения о методах оценки экологического состояния почвы приведены в руководстве [4]. Ниже мы приводим унифицированную методику приготовления почвенных вытяжек, пригодную для полевых условий.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

*Водная вытяжка* используется для аналитического определения содержания в почве растворимых солей — хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, нитратов, солей кальция, а также расчетным методом — солей магния, натрия и калия. Для приготовления водной вытяжки обычно применяют дистиллированную воду либо кипяченую питьевую воду с малым содержанием (мягкую). При приготовлении водной вытяжки для извлечения водорастворимых солей используют соотношение количества сухой почвы к воде как 1:5 (ГОСТ 26423).

*Солевая вытяжка* используется для определения величины рН, являющейся показателем обменной кислотности почвы. Солевую вытяжку готовят из имеющегося в полевой лаборатории хлорида калия, в виде раствора концентрацией 1 моль/л эквивалента. Для приготовления такого раствора 38 г (0,5 моль) сухой соли хлорида калия (KCl) растворяют в 0,5 л дистиллированной воды, используя подходящую мерную посуду. При приготовлении солевой вытяжки при извлечении обменных катионов (в том числе  $H^+$ ) используют соотношение количества сухой почвы к раствору KCl как 1:2,5 (ГОСТ 26483).

Количество приготавливаемой почвенной вытяжки зависит от вида и количества выполняемых анализов. Для определения основных параметров вытяжек с использованием портативных полевых лабораторий и тест-комплектов (рН, содержания растворимых солей — сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, хлоридов, нитратов, солей жесткости) необходимы количества вытяжек от 5 до 30 мл, т. е. около 100 мл на цикл химических анализов (без учета возможности повторения анализа). В процессе приготовления почвенных вытяжек необходимо знать вес сухой почвы, т. е. производить взвешивание. Вместе с тем, в некоторых случаях удобно пользоваться *объемным методом дозировки почвы*. Этот метод позволяет, зная объем, занимаемый сухой и слегка уплотненной почвой, а также удельный вес такой почвы, приблизительно определить ее вес в сухом состоянии. Так, для почвы, находящейся в высушенном (воздушно-сухом) и слегка уплотненном (утрамбованном) состоянии, ориентировочная величина плотности составляет:

- почвы типа «песок» — 1,4 г/см<sup>3</sup>;
- почвы типа «торф» — 0,4 г/см<sup>3</sup>;
- почвы типа «чернозем» — 1,1 г/см<sup>3</sup>.

Таким образом, с некоторой погрешностью можно принять, что помещенная в склянку до метки «5,0 мл» высушенная и слегка уплотненная почва весит около 7 г (песок); 2 г (торф) и 5,6 г (чернозем). По соответствующей пропорции можно рассчитать требуемое количество подготовленной пробы почвы в граммах.

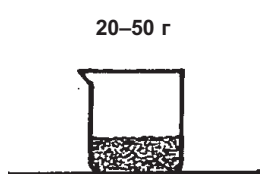
Ниже приведены операции для получения 50–150 мл вытяжки с использованием оборудования из состава полевой комплектной лаборатории «НКВ»,



### 3.4. Унифицированная методика приготовления почвенных вытяжек

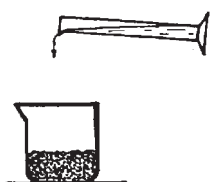
тест-комплектов или однотипных ранцевых лабораторий, производимых научно-производственным объединением ЗАО «Крисмас+».

#### Приготовление водной почвенной вытяжки



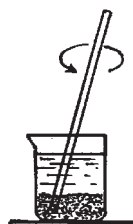
**1.**

В стакан на 200 мл поместите 20–50 г высушенной почвы. Взвесьте стакан с почвой и без нее, определив массу почвы ( $m$ , г).



**2.**

Добавьте к почве дистиллированную воду в количестве  $5 \times m$  мл (5 мл воды на 1 г почвы).



**3.**

Перемешивайте содержимое стакана в течение 20–30 мин. с помощью лопатки.



**4.**

Отфильтруйте содержимое стакана через бумажный фильтр, собирая готовую вытяжку в нижнем стакане, как показано на рисунке. Обратите внимание на ее внешний вид (цвет, мутность). Вытяжка должна быть однородной и не содержать частиц почвы.

**Примечание.**

Первые несколько миллилитров фильтрата необходимо отбросить, т. к. в нем собраны загрязнения с фильтра.

**Приготовление солевой почвенной вытяжки** выполняют аналогично приготовлению водной вытяжки с некоторой разницей. В случае солевой вытяжки к почве добавляют предварительно приготовленный раствор хлорида калия в концентрации 1 моль/л из расчета 2,5 мл раствора на 1 г почвы.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

## 3.5. Определение органолептических показателей

### 3.5.1. Вкус и привкус

**Вкус** вызывается наличием в воде растворенных веществ и может быть **соленым, горьким, сладким и кислым**. Остальные вкусовые ощущения считаются **привкусами** (солонюватый, горьковатый, металлический, хлорный и т. п.). Соленый вкус вызывается содержанием хлорида натрия, горький — сульфата магния. Кислый вкус воде придает большое количество растворенной углекислоты. Незагрязненные природные воды обладают, как правило, только солонюватым и горьковатым привкусом. Вода может иметь также чернильный или железистый привкус, вызванный солями марганца и железа или вяжущий привкус, вызванный сульфатом кальция. По нормам СанПиН 2.1.4.559-96 и ГОСТ 3351 для питьевой воды допускается значение привкуса не более 2 баллов.

Отбор проб воды для определения вкуса и привкуса проводят, при необходимости, в стеклянные бутылки.



Определение вкуса и привкуса у питьевой и природной воды проводят **только при отсутствии подозрений на бактериальное загрязнение и отсутствие веществ в опасных концентрациях.**

При определении вкуса и привкуса анализируемую воду наберите в рот (например, из колбы после определения запаха) и задержите ее во рту на 3–5 сек. не проглатывая. После определения вкуса воду сплюньте.



**При определении вкуса и привкуса воду не проглатывать!**

Интенсивность вкуса и привкуса охарактеризуйте по 5-балльной шкале, приведенной в табл. 3 (ГОСТ 3351).

### 3.5. Определение органолептических показателей

Таблица 3

#### Определение 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, 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

#### 3.5.2. Запах

Запах может быть придан воде живущими и отмершими организмами, растительными остатками, почвами, специфическими веществами, выделяемыми некоторыми водорослями и микроорганизмами, а также присутствием в воде растворенных газов — хлора, аммиака, сероводорода, меркаптанов или органических и хлорорганических загрязнений. Различают *природные* (естественные) *запахи*: ароматический, болотный, гнилостный, древесный, землянистый, плесневый, рыбный, травянистый, неопределенный, сероводородный и т. п. *Запахи искусственного происхождения* называют по веществам, ассоциации с которыми он вызывает: фенольный, хлорфенольный, нефтяной, смолистый и так далее. Такие запахи обычно значительно изменяются при обработке воды.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Запах определяется дегустатором органолептически при нормальной (20°C) и при повышенной (60°C) температуре воды.

Дегустатор описывает запах субъективно, по своим ощущениям, указывая предположительно его происхождение и характеристику (см. табл. 4).

Таблица 4

#### Описание характера запаха

(нужное подчеркивается или вписывается в незаполненные графы)

Происхождение запаха	Характер запаха	
Естественное	От живущих и отмерших организмов, от влияния почв, водной растительности (землистый, гнилостный, плесневый, торфяной, травянистый, ароматический, болотный, древесный, рыбный, сероводородный, неопределенный)	Другое
Искусственное	От нефтепродуктов (бензиновый, соляренный), хлорный, уксусный, фенольный. Другое	Другое

Для определения интенсивности запаха питьевой воды используйте 5-балльную шкалу, приведенную в табл. 5 (ГОСТ 3351).

Таблица 5

#### Определение интенсивности запаха

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании (при нагревании воды)	1
Слабая	Запах замечается, если обратить на это внимание	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о качестве воды	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от употребления	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

### 3.5. Определение органолептических показателей

---

#### ОТБОР ПРОБ

Для отбора проб при определении запаха используются бутылки из стекла. Допускается определять запах проб на месте отбора или после доставки на место дегустации. Максимальный рекомендуемый срок хранения проб — не более 6 ч. при охлаждении до 2–5°C.

#### ОБОРУДОВАНИЕ

Колба на 250–500 мл с пробкой.

#### ВЫПОЛНЕНИЕ АНАЛИЗА

1.

Ополосните колбу несколько раз анализируемой водой.

Заполните колбу пробой воды на 1/3 объема 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, не допуская глубоких вдохов!* Если запах сразу не ощущается или возникают затруднения с его обнаружением (запах неотчетливый), испытание можно повторить, нагрев воду в колбе до температуры 60°C (опустив колбу в горячую воду). Пробку из колбы предварительно выньте.

4.

Охарактеризуйте запах, используя данные табл. 4, и отметьте интенсивность запаха по пятибалльной шкале согласно табл. 5.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

#### 3.5.3. Мутность и прозрачность

*Мутность* воды — показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды, вызываемое присутствием нерастворимых веществ — взвешенных в воде мелкодисперсных примесей (суспензированных или коллоидных частиц различного происхождения). Мутность можно считать количественной мерой светового потока, рассеянного или поглощенного водой из-за присутствия в ней частиц суспензии.

Мутность воды подземных источников, как правило, невелика и вызвана взвесью гидроксида железа. В поверхностных водах мутность чаще вызвана присутствием глинистых или илистых частиц, а также фито- и зоопланктоном. Значение мутности воды водоемов зависит от времени паводка (межени) и меняется в течение года.

При фотометрических измерениях мутность выражают в единицах концентрации веществ — имитаторов мутности, образующих стандартные суспензии, в качестве которых используют каолин или фармазин. Норматив мутности для питьевой воды составляет 1,5 мг/л по каолину или 2,6 ЕМ/л.

**Примечание.** ЕМФ — единица мутности по формазину (англ. FTU — formazine turbidity unit). 1 ЕМФ = 1 ЕМ/л = 1 FTU.

*Прозрачность* воды характеризуется ее свойством пропускать свет (т. е. светопропусканием). Ослабление светопропускания воды обусловлено окраской и мутностью, т. е. содержанием в ней различных окрашенных веществ, а также взвешенных веществ и микрообъектов.

Мерой прозрачности является высота столба воды, при которой еще можно наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге фигуру определенного размера и типа (черную крестообразную метку либо шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в метрах или в сантиметрах с указанием способа измерения.

Значения мутности и прозрачности воды взаимосвязаны. Прозрачность воды часто определяют наряду с мутностью.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем руководстве приведены два метода определения мутности и прозрачности.

Простейшим для полевых условий является *визуальный метод*, позволяющий проводить качественное определение мутности. При этом характеризуют

### 3.5. Определение органолептических показателей

---

зрительно воспринимаемую мутность пробы воды в мутномерной пробирке при высоте столба 10–12 см.

*Метод «по шрифту»* позволяет проводить определение мутности с использованием трубки для определения прозрачности и регламентирован ГОСТ 3351-74, ИСО 7027. Данный метод применяется для чистых и малозагрязненных вод и позволяет определять прозрачность воды практически в любых условиях и на любом водоеме, независимо от его глубины, наличия мостов, погодных условий и др. Несмотря на простоту, метод считается полуколичественным, т. к. результат измерений в сантиметрах отсчитывается по шкале, приложенной к трубке. Определение мутности основано на определении прозрачности путем измерения максимальной высоты водяного столба, при которой уже можно визуально различить черный шрифт (высота 3,5 мм, ширина линии 0,35 мм) или юстировочную метку (например, черный крест) на белом фоне.

Исходя из определенного при анализе значения прозрачности воды, по градуировочному графику определяется значение мутности в единицах мутности воды по фармазину (ЕМФ) или по каолину (мг/л).

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

Диапазон определяемых значений прозрачности полуколичественным методом — от 60 см до 1 см. Соответствующий диапазон определения мутности составляет от 0,6 до 30,2 мг/л по каолину или от 1 до 52 ЕМФ.

Объем пробы воды, анализируемой данным методом, составляет 300–350 мл, продолжительность определения — не более 5 мин.

#### **ОТБОР ПРОБЫ**

Для отбора проб при определении мутности и прозрачности используют бутылки из полимерного материала или стекла. Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб. Максимальный рекомендуемый срок хранения проб — 24 часа. Если пробы хранились при охлаждении, их необходимо перед анализом выдержать при комнатной температуре.

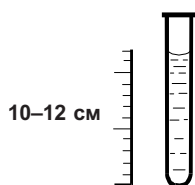
#### **3.5.3.1. Мутность, качественное определение в мутномерной пробирке**

##### **ОБОРУДОВАНИЕ**

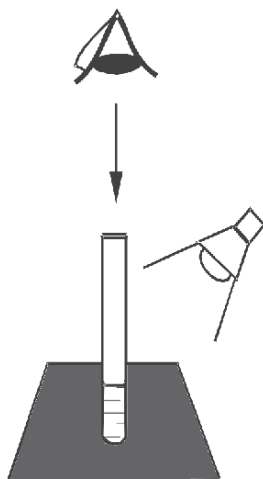
Пробирка колориметрическая, лист темной бумаги (в качестве фона).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ВЫПОЛНЕНИЕ АНАЛИЗА



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



- 2.**  
Определите мутность воды, рассматривая пробирку сверху на **темном фоне** при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном). Выберите подходящее из приведенных ниже:

• Мутность не заметна (отсутствует)
• Слабо опалесцирующая
• Опалесцирующая
• Слабомутная
• Мутная
• Очень мутная
• Иное ____ (укажите) ____

#### 3.5.3.2. Мутность и прозрачность, полуколичественное определение по шрифту

##### ОБОРУДОВАНИЕ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Мутность/Прозрачность».

Образец шрифта водостойкий (высота 3,5 мм, ширина линии 0,35 мм).

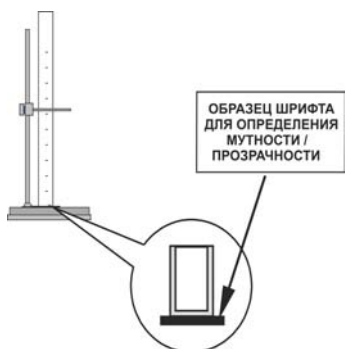
Трубка для определения прозрачности, градуированная делениями по 10 мм (длина 60 см, диаметр 2,5 см); экран для трубки светонепроницаемый водостойкий; шприц с трубкой.

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

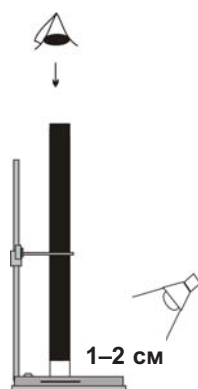


### 3.5. Определение органолептических показателей

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



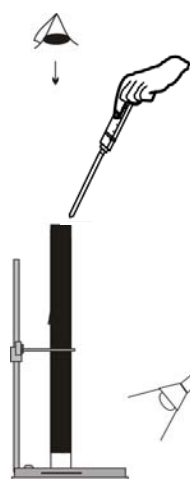
- 1.** Поместите образец шрифта на горизонтальную поверхность. Установите трубку в вертикальном положении на образец шрифта.



- 2.** Наденьте на трубку экран. Приподнимите экран снизу на 1–2 см. Установите четкую видимость шрифта, наблюдая сверху через отверстие трубки.

#### Примечание.

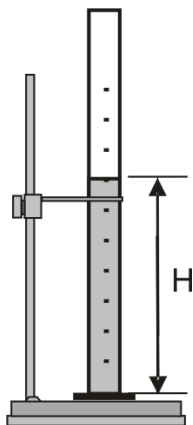
Обеспечьте достаточное освещение для наилучшей видимости шрифта.



- 3.** Перемешайте тщательно пробу и залейте ее в трубку до уровня 60 см (~300 мл).

- 4.** Понижайте уровень водяного столба, постепенно отбирая воду шприцем с трубкой до тех пор, пока не станет видимым (читаемым) шрифт.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ



5.

Снимите экран с трубки.

6.

Определите по делениям на трубке высоту водяного столба с точностью до 1 см.

7.

Переведите полученное значение прозрачности пробы в единицы мутности воды по фармазину (ЕМФ) или по каолину (мг/л) с использованием градуировочного графика (рис. 12).

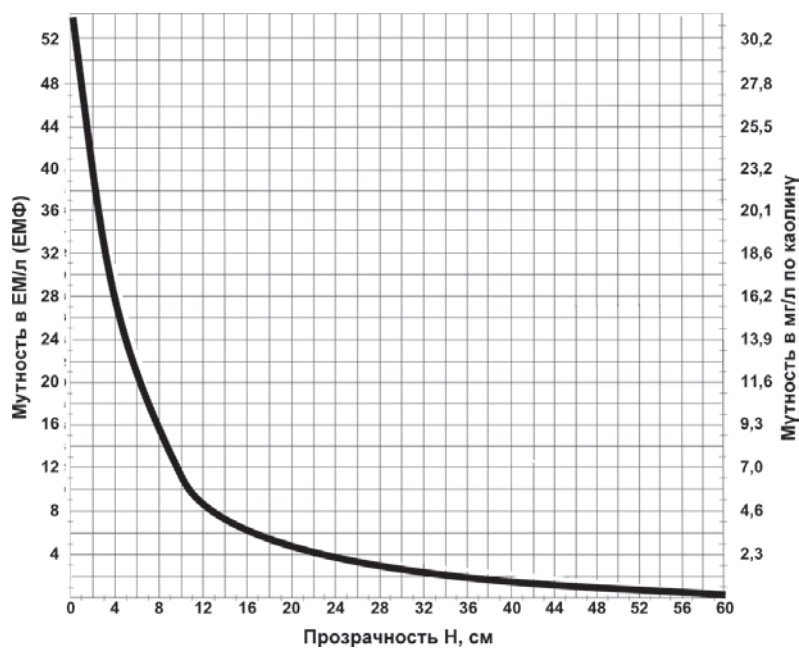


Рис. 12. Градуировочный график для выражения значения прозрачности пробы в единицах мутности воды по фармазину (ЕМФ) или по каолину (мг/л).

**Пример.** Определили максимальную высоту водяного столба, при взгляде сквозь который различим образец шрифта. Значение прозрачности  $H = 42$  см. Пользуясь градуировочным графиком, определили соответствующее значение мутности, равное 1,2 мг/л по каолину или 2 ЕМ/л (ЕМФ) по фармазину.

#### 3.5.3.3. Прозрачность, определение с применением диска Секки

Международный стандарт ИСО 7027 описывает полевой метод определения прозрачности (мутности) относительно чистой воды с использованием специального диска, известного как диск Секки (рис. 13). Этот метод благодаря своей простоте получил распространение в образовательных учреждениях нашей страны. Диск обычно имеет диаметр 200 мм с шестью отверстиями, каждое диаметром 55 мм, расположенными по кругу диаметром 120 мм. При определении мутности с помощью диска его опускают в воду настолько, чтобы он был едва заметен. Измеряют максимальную длину погруженной цепи (шнура), при которой диск еще заметен. Измерения повторяют несколько раз, т. к. возможно мешающее влияние отражения света от водной поверхности. Для значений, меньших 1 м, результат приводят с точностью до 1 см; для значений больших, чем 1 м, — с точностью до 0,1 м. Данный метод удобен тем, что позволяет использовать для анализа мосты, наклоненные над водой деревья, обрывистые берега и др. В некоторых случаях анализ можно проводить и с берега, привязав шнур к длинной палке. Многие при обследовании водоемов таким методом с успехом используют в качестве диска Секки белую эмалированную крышку от кастрюли соответствующего диаметра.

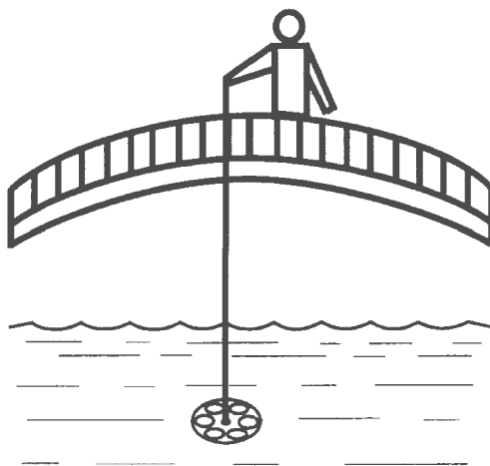


Рис. 13. Определение прозрачности воды с применением диска Секки.

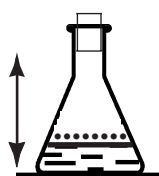
### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

#### 3.5.4. Пенистость

*Пенистостью* считается способность воды сохранять искусственно созданную пену. Данный показатель может быть использован для качественной оценки присутствия таких веществ, как детергенты (поверхностно-активные вещества) природного и искусственного происхождения и др.

Пенистость определяют, в основном, при анализе загрязненных природных и сточных вод.



Методика анализа проста: колбу на 0,5 л с пробкой заполняют на 1/3 водой, встряхивают 0,5 мин. Проба считается положительной, если пена сохраняется более 1 мин. Величина рН воды при этой процедуре должна быть 6,5–8,5 (при необходимости воду нейтрализуют).

#### 3.5.5. Цветность

*Цветность* — естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Цветность воды может определяться свойствами и структурой дна водоема, характером водной растительности, прилегающих к водоему почв, наличием в водосборном бассейне болот и торфяников и др.

Для воды поверхностных водоемов этот показатель допускается не более 20 градусов по шкале цветности. Если окраска воды не соответствует природному тону, а также при интенсивной естественной окраске, определяют высоту столба жидкости, при котором обнаруживается окраска, а также качественно характеризуют цвет воды. Соответствующая высота столба воды не должна превышать 20 см — для воды водоемов хозяйственно-питьевого назначения и 10 см — для воды культурно-бытового назначения.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем руководстве приведены два метода определения цветности.

Наиболее простой *качественный* метод оценки цветности состоит в характеристике **цвета** воды в пробирке высотой 10–12 см (например, бесцветная, слабо-желтая, желтая, буроватая и т. д.). Метод качественного определения цветности дает лишь ориентировочную информацию, и только в тех случаях, когда вода имеет интенсивную естественную окраску, заметную глазом.

### 3.5. Определение органолептических показателей

---

*Колориметрический* метод определения цветности основан на сравнении окраски пробы с окраской условной 500-градусной шкалы цветности воды, приготавливаемой из смеси бихромата калия  $K_2Cr_2O_7$  и сульфата кобальта  $CoSO_4$ . Определение выполняется визуально-колориметрически на основе сравнения окраски анализируемой пробы со стандартной цветовой шкалой в виде модельных растворов бихромата калия и сульфата кобальта либо с контрольной цветовой шкалой окраски проб. Определение также может выполняться фотоколориметрически по МВИ-10-157-11, РД 52.24.497-2005 и ГОСТ 3351.

Диапазон определяемых значений цветности при визуально-колориметрическом определении: по шкале цветности в виде модельных эталонных растворов — 0; 10, 20; 30; 40; 60, 100, 300, 500 градусов цветности; по пленочной контрольной шкале «Цветность» — 0; 30; 100; 300; 1000 градусов цветности.

Диапазон определяемых значений цветности при фотоколориметрическом определении (МВИ-10-157-11) — от 20 до 200 градусов цветности.

Объем пробы, необходимой для определения, составляет не более 12 мл, продолжительность определения — не более 5 мин.

#### **ОТБОР ПРОБ**

Для отбора проб при определении цветности используются бутылки из полимерного материала или стекла. При наличии взвешенных частиц пробы отфильтруйте через бумажный фильтр «синяя лента» (важно при фотоколориметрическом определении). Первые порции фильтрата отбросьте. Допускается хранение проб не более 1 суток при условии их охлаждения до 2–5 °С и хранения в затемненном месте.

#### **3.5.5.1. Цвет, качественное определение в мутномерной пробирке**

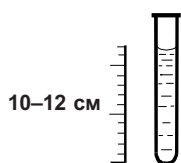
##### **ОБОРУДОВАНИЕ**

Пробирка колориметрическая, лист белой бумаги (в качестве фона).

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

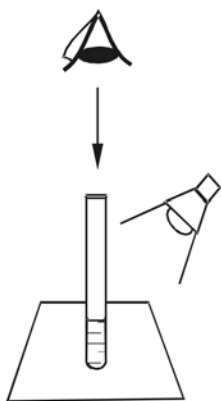
### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



1.

Заполните пробирку водой до высоты 10–12 см.



2.

Охарактеризуйте цвет воды, рассматривая пробирку сверху вниз на белом фоне при достаточном боковом освещении (дневном, искусственном).

Отметьте наиболее подходящий оттенок из приведенных ниже либо заполните свободную графу.

Характеристика оттенка	Отметьте подходящее
Слабо-желтоватая	
Светло-желтоватая	
Желтая	
Интенсивно-желтая	
Коричневатая	
Красно-коричневатая	
Другая (укажите какая)	

#### 3.5.5.2. Цветность, колориметрическое определение в градусах

##### ОБОРУДОВАНИЕ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Цветность».

Воронка лабораторная, пробирка колориметрическая с пробкой (2 шт.), штатив для пробирок, фильтры «синяя лента».

### 3.5. Определение органолептических показателей

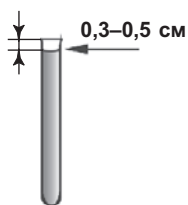
Хром-кобальтовая шкала цветности в виде модельных эталонных растворов (0; 10; 20; 30; 40; 60; 100; 300; 500 градусов цветности) либо в виде пленочной контрольной шкалы «Цветность» (0; 30; 100; 300; 1000 градусов цветности).

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

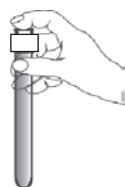
При фотоколориметрическом определении: фотоколориметр «Экотест-2020» или аналогичного типа с кюветой 10 мм.

*Расположение оборудования см. в паспорте на изделие.*

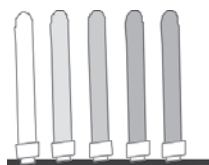
#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



- 1.** Ополосните колориметрическую пробирку несколько раз анализируемой водой. Наполните пробирку пробой воды, **не доливая 0,3–0,5 см до края** пробирки.



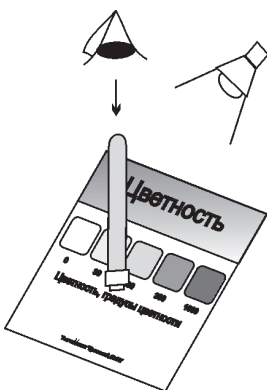
- 2.** Удерживая пробирку рукой в вертикальном положении, закройте ее пробкой. Убедитесь в плотном прилегании пробки.



- 3.** Извлеките образцы модельных эталонных растворов из упаковки и расположите их на ровной горизонтальной поверхности на белом фоне пробкой вниз.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---



#### 4.

Проведите колориметрирование пробы. При визуальном колориметрическом определении пробирку с анализируемой водой переверните пробкой вниз и сравните окраску исследуемого образца с пленочной контрольной шкалой образцов окраски проб для визуального колориметрирования «Цветность» либо с окраской модельных эталонных растворов. Окраску наблюдайте сверху вниз, на белом фоне, при достаточном освещении.

Для исследуемого образца определите ближайшее по окраске поле пленочной шкалы или ближайший образец окраски эталонного раствора 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 красновато-коричневая» (см. п. 3.5.5.1).



#### 5.

При фотоколориметрическом определении пробу поместите в кювету (10 мм) и определите значение ее оптической плотности на фотоколориметре «Экотест-2020» или аналогичного типа при длине волны 400 нм относительно холостой пробы.

Далее, с использованием градуировочной характеристики, заблаговременно построенной согласно МВИ-10-157-11, рассчитайте значение цветности в градусах.

При использовании фотоколориметра с запрограммированными значениями параметров градуировочной характеристики, значения цветности автоматически выводятся на его дисплей. При работе на фотоколориметре руководствуйтесь инструкцией, прилагаемой к прибору.



## 3.6. Определение общих показателей

### 3.6.1. Биохимическое потребление кислорода (БПК)

В процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит снижение концентрации растворенного кислорода (РК), и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. Соответствующий показатель качества воды называется *биохимическим потреблением кислорода* (БПК).

БПК — количество кислорода в миллиграммах, требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях, без доступа света, при 20°C, за определенный период в результате протекающих в воде биохимических процессов. Обычно определяют БПК за 5 суток инкубации (БПК<sub>5</sub>)\*, однако содержание некоторых соединений более информативно характеризуется величиной БПК за 10 суток или за период полного окисления (БПК<sub>10</sub> или БПК<sub>полн.</sub> соответственно). Инкубацию пробы проводят без доступа света (в темном месте). Ориентировочно принимают, что БПК<sub>5</sub> составляет около 70% БПК<sub>полн.</sub>, однако эта величина может составлять от 10 до 90% в зависимости от окисляющегося вещества.

Особенностью биохимического окисления органических веществ в воде является сопутствующий ему процесс нитрификации, искажающий характер потребления кислорода.

В поверхностных водах величина БПК<sub>5</sub> колеблется в пределах от 0,5 до 5 мг/л; она подвержена сезонным и суточным изменениям, которые, в основном, зависят от изменения температуры и от физиологической и биохимической активности микроорганизмов. Весьма значительны изменения БПК<sub>5</sub> природных водоемов при загрязнении сточными водами.

Предельно-допустимое значение для БПК<sub>полн.</sub> составляет: для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования — 3 мг/л, для водоемов культурно-бытового водопользования — 6 мг/л. Соответственно те же значения БПК<sub>5</sub> составляют примерно 2 мг/л и 4 мг/л.

---

\* Может определяться также БПК<sub>10</sub> (за 10 суток) и БПК<sub>полн.</sub> (за 20 суток), при этом окисляется около 90% и 99% органических веществ соответственно.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метод определения БПК<sub>5</sub> основан на измерении концентрации растворенного кислорода (РК), который определяется методом йодометрического титрования по Винклеру (приведен в п. 3.7.4) в пробе воды до инкубации пробы, а также после нее. Инкубацию пробы проводят без доступа воздуха в кислородной склянке (т. е. в той же посуде, где определяется значение РК) 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, причем от точности поддержания значения температуры зависит точность определения БПК.

При исследовании промышленных сточных вод, которые трудно подвергаются биохимическому окислению, используемый метод может применяться в варианте определения полного БПК (БПК<sub>полн.</sub>).

Поскольку анализ на БПК связан с определением РК, мешающее влияние на результат анализа могут оказывать те же примеси, которые влияют на определение РК (взвешенные и окрашенные вещества, биологически активные взвешенные вещества, восстановители и окислители). Мешающее влияние указанные компоненты оказывают, как правило, в концентрациях, встречающихся только в сточных и загрязненных поверхностных водах.

Приведенная методика анализа является унифицированным вариантом методик согласно ПНДФ 14.1:2:3:4.123-97 и ИСО 5815 и применима для анализа относительно незагрязненных природных поверхностных вод, поэтому добавление разбавляющей воды и введение ингибиторов нитрификации не проводится.

Поскольку во время инкубационного периода происходит снижение концентрации кислорода в склянках, проводят предварительное аэрирование пробы для насыщения кислородом воздуха.

В полевом варианте определение БПК предусматривается с применением тест-комплекта «РК-БПК», а сам анализ имеет много общих операций, выполняемых с тем же тест-комплексом при определении растворенного кислорода. При этом процедура инкубации может выполняться в лаборатории с пробами, в которых уже была проведена фиксация кислорода в полевых условиях.

Диапазон определяемых значений БПК<sub>5</sub> составляет 1 до 11 мг/л (оптимально — до 6 мг/л).

Объем пробы для определения БПК<sub>5</sub> (3 кислородных склянки) составляет около 500 мл, продолжительность анализа — не более 20 мин. (без процедуры аэрирования и инкубации проб).

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «РК–БПК».

Оборудование, реактивы и принадлежности для определения растворенного кислорода методом Винклера (см. п. 3.7.4); кислородные калиброванные склянки для инкубирования проб (3 шт.); чашки Петри.

Термостат-инкубатор, обеспечивающий поддержание температуры  $(20\pm 1)^\circ\text{C}$ .

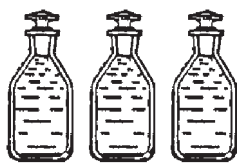
#### ОТБОР ПРОБ И ПОДГОТОВКА К АНАЛИЗУ

Для отбора проб при определении БПК используются бутылки из стекла. Допускается хранение проб в течение не более 1 суток.

При определении БПК проводят аэрацию пробы и заполнение кислородных склянок. Правила отбора проб, операции по заполнению кислородных склянок и особенности выполнения операций при работе с кислородными склянками см. в п. 3.7.4.

**Аэрация пробы.** Пробу воды аэрируют для насыщения кислородом воздуха не более чем за 15 мин. перед анализом. Перед аэрацией доводят температуру пробы до  $20\pm 1^\circ\text{C}$  (нагревают или охлаждают). Для аэрации пробу помещают в стеклянный сосуд (колбу, делительную воронку и т. п.) такой вместимости, чтобы аэрируемая проба занимала не более  $1/3$  объема сосуда, и встряхивают в течение 10 мин.

#### ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА



1. Заполните анализируемой водой, прошедшей аэрирование, 3 кислородные склянки.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ



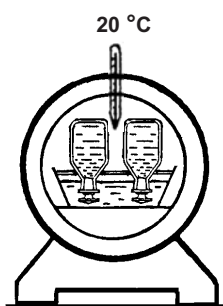
**Определение  
РК  
по п. 3.7.4**

**2.**

В одной из кислородных склянок (контрольной) сразу же определите и рассчитайте исходное (контрольное) содержание кислорода ( $C_K$ ) согласно п. 3.7.4.



Промежуток времени между аэрированием пробы и последующей фиксацией кислорода не должен превышать 15 мин.



**3.**

Две другие склянки (или более) с анализируемой водой (инкубационные) поместите в темноте в кювету термостата пробкой вниз, под водяной затвор.

**Примечание.**

Инкубации подвергается проба в нескольких склянках, т. к. в случае получения ошибочных результатов выполнить анализ повторно окажется невозможно.

**4.**

Выполните инкубирование проб, непрерывно термостатируя их при температуре  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  в течение 5 суток (120 ч.). Через 5 суток (в случае определения БПК<sub>5</sub>) в инкубационных склянках определите и рассчитайте остаточное содержание кислорода ( $C_{II}$ ) по п. 3.7.4.

Значение  $C_{II}$  рассчитайте как среднее арифметическое значений, полученных для склянок с инкубированной пробой.

**5.**

Значение БПК<sub>5</sub> в мг/л определите по формуле:

$$\text{БПК}_5 = C_K - C_{II},$$

где  $C_K$  — концентрация РК в контрольной склянке, мг/л;

$C_{II}$  — концентрация РК по истечении периода инкубации, мг/л.

**Пример расчета БПК<sub>5</sub>**

Концентрация РК в контрольной склянке ( $C_K$ ) составила 8,8 мг/л. По истечении 5 суток инкубации среднее арифметическое значение концентрации РК ( $C_{II}$ ) составило 7,2 мг/л.

Значение БПК<sub>5</sub> составляет:

$$\text{БПК}_5 = C_K - C_{II} = 8,8 - 7,2 = 1,6 \text{ мг/л}$$

### 3.6.2. Водородный показатель (рН)

Водородный показатель (рН) представляет собой отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации водородных ионов в растворе:  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ .

Величина рН природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонат-ионов и растворенного  $\text{CO}_2$ . Пониженное значение рН характерно для болотных вод за счет повышенного содержания гуминовых и других природных кислот.

В питьевой воде допускается рН 6,0–9,0; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования — 6,5–8,5.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Предлагаемый визуально-колориметрический метод определения рН основан на реакции водородных ионов с универсальным индикатором в водной среде. Значение рН анализируемой воды определяют по окраске пробы, визуальную сравнивая ее с окраской образцов на контрольной шкале. Метод также пригоден для анализа солевой почвенной вытяжки.

Диапазон определяемых значений водородного показателя — от 4,5 до 11 ед. рН. Объем пробы — 5 мл, продолжительность анализа — не более 1 мин.

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «рН».

Пипетка-капельница полимерная на 1 мл; пробирка колориметрическая с меткой «5 мл».

Раствор универсального индикатора.

Контрольная шкала образцов окраски растворов для определения рН (рН 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 10,0; 11,0).

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

#### ОТБОР ПРОБЫ

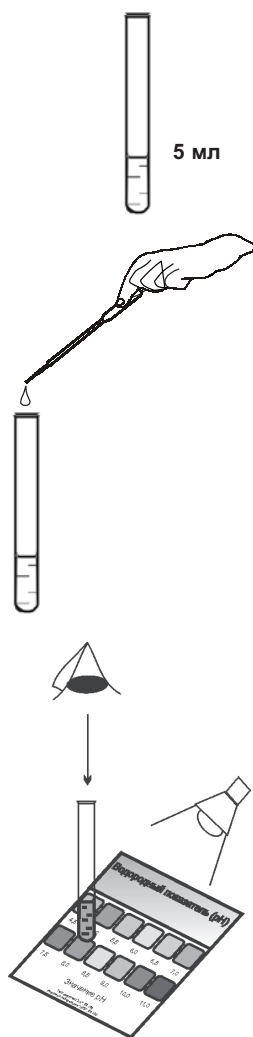
Для отбора проб при определении рН используются бутылки из полимерного материала или стекла. Определение следует проводить как можно скорее и предпочтительнее на месте отбора пробы. Максимальный рекомендуемый срок хранения проб — не более 6 час. Транспортировать пробы следует при температуре ниже температуры отбора проб.

*О приготовлении почвенной вытяжки см. в п. 3.4.*

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



**1.**

Ополосните колориметрическую пробирку несколько раз анализируемой водой.

Налейте в пробирку анализируемую воду до метки «5 мл».

**2.**

Добавьте пипеткой-капельницей 3–4 капли (около 0,10 мл) раствора универсального индикатора и встряхните пробирку.

**3.**

Проведите визуальное колориметрирование пробы. Для этого пробирку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы.

Освещая пробирку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, наблюдайте окраску пробы сверху вниз.

Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение pH.

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности анализа может быть выполнен путем тестирования специально приготовленных контрольных буферных растворов, имеющих значения pH, близкие приведенным образцам на контрольной шкале. Для контроля значений pH буферных растворов рекомендуется использовать pH-метр.

### 3.6.3. Карбонаты, гидрокарбонаты, карбонатная жесткость и щелочность

Карбонаты и гидрокарбонаты составляют основу карбонатной системы природных вод. Их содержание в воде обусловлено процессами растворения атмосферного  $\text{CO}_2$ , взаимодействия воды с находящимися в прилегающих грунтах известняками и, конечно, протекающими в воде жизненными процессами всех водных организмов. Именно карбонаты и гидрокарбонаты представляют собой компоненты, определяющие для природных вод такой показатель, как щелочность. *Щелочностью* считается способность взаимодействовать с водородными ионами сильной кислоты, выражаемая количеством кислоты, потребленной при титровании. Расход кислоты на титрование всех потребляющих водородные ионы анионов пропорционален их общему содержанию в воде и выражает общую щелочность воды.

В обычных природных водах щелочность определяется, как правило, лишь содержанием гидрокарбонатов щелочных металлов. В этом случае значение  $\text{pH} < 8,3$ . Наличие растворенных карбонатов и гидроокисей повышает значение  $\text{pH} > 8,3$ . Та часть щелочности, которая соответствует количеству кислоты, необходимой для понижения  $\text{pH}$  до 8,3, называется *свободной щелочностью*. Количество титрованного раствора, израсходованного для достижения  $\text{pH} = 8,3$ , эквивалентно свободной щелочности; количество, необходимое для достижения  $\text{pH} = 4,5$ , эквивалентно *общей щелочности*. Если  $\text{pH}$  воды меньше 4,5, то ее щелочность равна нулю.

Концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов позволяют также рассчитать *карбонатную жесткость* воды, представляющую собой суммарное содержание растворимых солей карбонатов и гидрокарбонатов. Общая щелочность практически тождественна карбонатной жесткости и соответствует содержанию гидрокарбонатов.

Показатели ПДК для воды водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет: для гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ) — 1000 мг/л, для карбонатов — ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) — 100 мг/л.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метод определения карбонат- и гидрокарбонат-ионов является титриметрическим (ГОСТ Р 52963, ПНД Ф 14.1:2.245-07, РД 52.24.493-2008) при уменьшенном количестве отбираемой пробы и пригоден для анализа питьевой, природной, минеральной лечебно-столовой и т. п. вод, а также почвенных вытяжек.

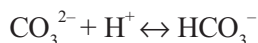
### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

Данный метод неприменим для анализа вод, содержащих растворенный диоксид углерода (бутилированных вод), мутных вод, а также содержащих сильные основания.

Поскольку содержание карбонат- и гидрокарбонат-ионов неразрывно связано с показателем щелочности воды, аналитическое определение данных показателей аналогично и осуществляется в едином технологическом цикле. Определение основано на реакции карбонат- и гидрокарбонат-ионов с водородными ионами в присутствии, в качестве индикаторов, фенолфталеина и смеси бромкрезолового зеленого и метилового красного\*. Используя эти индикаторы, удается наблюдать две точки эквивалентности. В первой точке эквивалентности (рН 8,3) в присутствии фенолфталеина проходит полное титрование гидроксид-ионов (если они присутствуют) и половинное (т. е. только до гидрокарбонатов) содержания карбонат-ионов. Во второй точке (рН 4,5) заканчивается титрование карбонат-ионов, уже превратившихся в гидрокарбонаты, и происходит титрование всего количества гидрокарбонат-ионов. Соответствующее количество кислоты, израсходованное на титрование по фенолфталеину ( $V_{\phi}$ ), эквивалентно свободной щелочности ( $Щ_{CB}$ ); количество кислоты, израсходованное на титрование по смешанному индикатору ( $V_{CM}$ ) — общей щелочности ( $Щ_{O}$ ). По результатам титрования определяются величины свободной и общей щелочности воды, которые позволяют рассчитать концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов. Для титрования используют раствор соляной кислоты с точно известным значением концентрации — 0,05 моль/л, титрованный либо приготовленный из стандарт-титра.

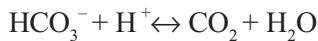
Определение *карбонат-ионов* основано на реакции:



В случае присутствия в анализируемой воде гидроксил-анионов (для природных вод нехарактерно) при определении карбонатов по фенолфталеину протекает также реакция их нейтрализации:



Определение *гидрокарбонат-ионов* проводится в интервале значений рН свыше 4,5 и основано на реакции:



---

\* Использование указанной смеси индикаторов позволяет максимально наглядно определить соответствующую точку эквивалентности при рН 4,5, в отличие от индикатора метилового оранжевого, также используемого в некоторых методиках.



### 3.6. Определение общих показателей

Таким образом, при титровании по фенолфталеину в реакции с кислотой первоначально присутствовавшие в пробе ионы  $\text{CO}_3^{2-}$  превращаются в  $\text{HCO}_3^-$  (т. е. потребление кислоты — 1/2 от общего потребления на титрование карбонатов), а при титровании по смешанному индикатору — уже перешедшие в гидрокарбонаты  $\text{CO}_3^{2-}$  и изначально присутствовавшие в пробе  $\text{HCO}_3^-$ . Титрование может выполняться как параллельно в разных пробах, так и последовательно в одной и той же пробе.

Исходя из определенных в ходе анализа эквивалентных концентраций карбонат- и гидрокарбонат-ионов рассчитывается карбонатная жесткость в единицах ммоль/л эквивалента.

Расчет значений концентраций карбонатов и щелочности данным методом имеет особенности, подробно изложенные в руководствах [3, 13].

При определении содержания карбонатов и гидрокарбонатов в почвенной вытяжке их сначала извлекают из почвы водой (соотношение сухая почва–вода — 1:5) и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

Диапазон определяемых концентраций карбонатов и гидрокарбонатов — от 30 мг/л до 1200 мг/л.

Объем пробы составляет 10 мл, продолжительность анализа — не более 10 мин.

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с помощью тест-комплекта «Карбонаты, щелочность».

Пипетка градуированная на 2 мл или на 5 мл для титрования со шприцем–дозатором и соединительной трубкой, пипетка-капельница полимерная на 1 мл в футляре (2 шт.); склянка мерная с меткой «10 мл» (2 шт.).

Раствор индикатора фенолфталеина; раствор смешанного индикатора; раствор соляной кислоты титрованный (0,05 моль/л).

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

#### ОТБОР ПРОБ

Для отбора проб при определении карбонатов и щелочности используются бутылки из полимерного материала или стекла. Максимальный рекомендуемый срок хранения проб — не более 1 суток при условии их охлаждения до 2–5°C.

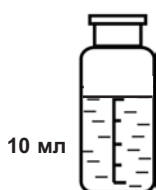
При определении щелочности предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб (особенно для проб с высокой концентрацией растворенных газов).

*О приготовлении почвенной вытяжки см. в п. 3.4.*

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ВЫПОЛНЕНИЕ АНАЛИЗА

##### *А. Титрование карбонат-иона (определение свободной щелочности)*



#### 1.

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой или почвенной вытяжкой. Налейте в склянку пробу воды или вытяжки до метки «10 мл».

#### **Примечание.**

Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.



#### 2.

Добавьте пипеткой 3–4 капли раствора фенолфталеина.

Раствор перемешайте круговыми покачиваниями.

#### **Примечание.**

При отсутствии окрашивания раствора либо при слабо-розовом окрашивании считайте, что карбонат-ион в пробе отсутствует (рН пробы меньше 8,3).



#### 3.

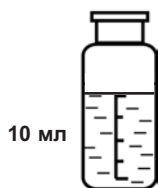
Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки со шприцем-дозатором раствором соляной кислоты до обесцвечивания, и определите объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину ( $V_{\phi}$ , мл).



В процессе добавления раствора соляной кислоты перемешивайте пробу круговыми покачиваниями.

Раствор после титрования карбонат-иона оставьте для дальнейшего определения в нем массовой концентрации гидрокарбонат-иона.

**Б. Титрование гидрокарбонат-иона  
(определение общей щелочности)**



**4.**

Налейте в склянку до метки «10 мл» пробу воды либо используйте раствор после определения карбонат-иона.

**Примечание.**

Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.



**5.**

Добавьте пипеткой 1 каплю раствора смешанного индикатора. Раствор перемешайте круговыми покачиваниями.



**6.**

Постепенно титруйте пробу на белом фоне с помощью градуированной пипетки со шприцем-дозатором раствором соляной кислоты при перемешивании, до перехода сине-зеленой окраски в серую.



В процессе добавления раствора титранта перемешивайте пробу круговыми покачиваниями.

Определите объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по смешанному индикатору ( $V_{CM}$ , мл). При использовании раствора после титрования карбонат-иона значением  $V_{CM}$  необходимо считать суммарный объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование карбоната и гидрокарбоната (т. е. с учетом  $V_{\phi}$ , мл).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### С. Расчет щелочности

Значение свободной щелочности ( $Щ_{CB}$ ) и общей щелочности ( $Щ_{O}$ ) в ммоль/л эквивалента рассчитайте по формулам:

$$Щ_{CB} = \frac{V_{\phi} \times H \times 1000}{V_A} = V_{\phi} \times 5,$$

$$Щ_{O} = \frac{V_{CM} \times H \times 1000}{V_A} = V_{CM} \times 5,$$

где  $V_{\phi}$  и  $V_{CM}$  — объем раствора соляной кислоты, израсходованный на титрование по фенолфталеину и смешанному индикатору соответственно, мл;  
 $H$  — точная молярная концентрация раствора соляной кислоты, 0,05 моль/л;  
 $V_A$  — объем пробы воды, взятой для анализа, 10 мл;  
1000 — коэффициент пересчета единиц измерений из моль в ммоль.

**Примечание.** При определении щелочности путем последовательного титрования одной пробы значение  $V_{CM}$  включает значение  $V_{\phi}$ .

#### Д. Расчет массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов

При расчете массовой концентрации карбонат- и гидрокарбонат-ионов сначала определите соответствующие значения молярных концентраций, используя приведенные в табл. 6 соотношения между фактическими значениями свободной ( $Щ_{CB}$ ) и общей щелочности ( $Щ_{O}$ ).

Таблица 6

Расчет концентраций гидрокарбонатов и карбонатов

Соотношение между свободной и общей щелочностью	Молярная концентрация гидрокарбонатов $C_{TK}$ , ммоль/л	Молярная концентрация карбонатов $C_K$ , ммоль/л
$Щ_{CB} = 0$	$Щ_{O}$	0
$2Щ_{CB} < Щ_{O}$	$Щ_{O} - 2Щ_{CB}$	$Щ_{CB}$
$2Щ_{CB} = Щ_{O}$	0	$Щ_{CB}$
$2Щ_{CB} > Щ_{O}$	0	$Щ_{O} - Щ_{CB}$
$Щ_{CB} = Щ_{O}$	0	0

### 3.6. Определение общих показателей

**Примечание.** Рекомендуемый порядок расчета не применяйте для сильнозагрязненных вод и (или) если в воде присутствуют мешающие вещества.

Массовую концентрацию гидрокарбонатов ( $C_{ГК.масс}$ ), мг/л и карбонатов ( $C_{К.масс}$ ), мг/л в анализируемой пробе воды рассчитывайте по формулам:

$$C_{ГК.масс} = C_{ГК} \times 61,$$
$$C_{К.масс} = C_{К} \times 60,$$

где  $C_{ГК}$  и  $C_{К}$  — молярная концентрация гидрокарбонатов и карбонатов соответственно, определенная по табл. 6, ммоль/л;  
61 и 60 — молярная масса эквивалента гидрокарбонат- и карбонат-иона соответственно в реакциях титрования, г/моль.

Полученные результаты округлите до целых чисел.

**Пример расчета.** В первой пробе анализируемой воды объемом 10 мл определили количество раствора кислоты, израсходованное на титрование по фенолфталеину:  $V_{\phi} = 0,3$  мл. Во второй пробе той же воды определили количество кислоты, израсходованное на титрование по смешанному индикатору:  $V_{см} = 2,5$  мл. Рассчитываем значения свободной и общей щелочности анализируемой воды:

$$Щ_{СВ} = 0,3 \times 5 = 1,5 \text{ ммоль/л}, \quad Щ_{О} = 2,5 \times 5 = 12,5 \text{ ммоль/л}.$$

Далее по табл. 6 определяем для случая  $2Щ_{СВ} < Щ_{О}$ :

$$C_{ГК} = Щ_{О} - 2 Щ_{СВ} = 9,5 \text{ ммоль/л}, \quad C_{ГК.масс} = 9,5 \times 61 = 579,5 \cong 580 \text{ мг/л}.$$

$$C_{К} = Щ_{СВ} = 1,5 \text{ ммоль/л}, \quad C_{К.масс} = 1,5 \times 60 = 90 \text{ мг/л}.$$

#### ***Е. Расчет карбонатной жесткости***

Определите карбонатную жесткость ( $Ж_{К}$ ) в ммоль/л эквивалента по формуле:

$$Ж_{К} = C_{К} + C_{ГК},$$

где  $C_{К}$  и  $C_{ГК}$  — молярные эквивалентные концентрации карбоната и гидрокарбоната соответственно, определенные по табл. 6.

Если карбонатная жесткость окажется больше общей жесткости, считайте ее равной последней.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

Для незагрязненных поверхностных природных вод величину карбонатной жесткости можно принимать равной величине общей щелочности (ммоль/л эквивалента).

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности может быть выполнен путем анализа приготовленных контрольных растворов, имеющих известное содержание карбонат- либо гидрокарбонат-анионов.

#### 3.6.4. Общая жесткость

Общей жесткостью считается суммарная жесткость воды, т. е. общее содержание растворимых солей кальция и магния.

Ввиду того, что солями жесткости являются соли разных катионов, имеющие разную молекулярную массу, концентрация солей жесткости, или жесткость воды, измеряется в единицах эквивалентной концентрации, т. е. количеством моль/л или ммоль/л. С 2003 г. в Российской Федерации жесткость воды обозначается как (Ж) и выражается в градусах жесткости ( $^{\circ}\text{Ж}$ ). Градус жесткости соответствует концентрации щелочноземельного элемента, преимущественно кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), численно равной 1/2 его моля, выраженной в мг/л (ГОСТ Р 52029). Таким образом, вместо использовавшейся ранее размерности общей жесткости ммоль/л эквивалента следует использовать  $^{\circ}\text{Ж}$ , при этом численные значения величины жесткости не изменяются.  $1^{\circ}\text{Ж} = 20,04 \text{ мг/л } [\text{Ca}^{2+}]$  или  $12,15 \text{ мг/л } [\text{Mg}^{2+}]$ .

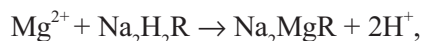
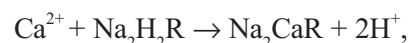
Допустимая величина общей жесткости для питьевой воды и источников централизованного водоснабжения составляет не более  $7^{\circ}\text{Ж}$  (в отдельных случаях — до  $10^{\circ}\text{Ж}$ ), лимитирующий показатель вредности — органолептический.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метод определения общей жесткости (ИСО 6058, ГОСТ Р 52407-2005) как суммарной массовой концентрации катионов кальция и магния является титриметрическим и пригоден для анализа питьевой, природной и нормативно-очищенной сточной воды, а также водных почвенных вытяжек. Определение

### 3.6. Определение общих показателей

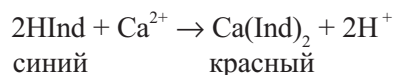
основано на реакции солей кальция и магния с реактивом — трилоном Б (двунатриевой солью этилендиамин-N, N, N', N'-тетрауксусной кислоты, или сокращенно ЭДТА):



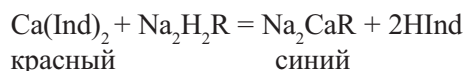
где  $R$  — радикал этилендиаминтетрауксусной кислоты —  
( $\text{OOCCH}_2$ )<sub>2</sub>NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>CO<sup>-</sup>)<sub>2</sub>

Анализ проводят при pH 10–10,5 титриметрическим методом в присутствии индикатора хромового темно-синего кислотного (кислотного хромового синего Т).

Роль индикатора в определении общей жесткости состоит в том, что при его добавлении в анализируемую воду первоначально происходит реакция, в результате которой весь кальций и магний связываются индикатором с образованием соединения, окрашенного в красный цвет (на примере реакции с кальцием):



Далее, при титровании, по мере добавления ЭДТА образуется более прочный бесцветный комплекс с кальцием (магнием), комплекс с индикатором разрушается и высвобождается индикатор, окрашивающий раствор в синий цвет:



Аналізу не мешают катионы железа (до 10 мг/л), а также никеля, кобальта и меди (до 0,1 мг/л). При анализе загрязненных вод возможен нечеткий переход окраски при титровании, а также обесцвечивание раствора из-за присутствия в воде некоторых примесей.

В настоящем руководстве метод определения общей жесткости приводится в модификации капельного титрования. В данной модификации титрование проводится добавлением к пробе объединенного реактива, содержащего индикатор и ЭДТА, из калиброванной пипетки каплями. Использование для титрования мерной склянки с разными значениями объема (2,5; 5,0; 10 мл) позволяет охватить весь диапазон концентраций, определяемых данным методом.

Содержание общей жесткости данным методом может определяться в водной почвенной вытяжке (п. 3.4.). При этом определяются суммарно водорастворимые соли кальция и магния.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

Диапазон измеряемых величин общей жесткости — от 0,5 до 10°Ж и более. При общей жесткости более 10°Ж необходимо проводить разбавление пробы дистиллированной водой. Объем пробы, необходимой для анализа, составляет для указанного диапазона концентраций 10 мл, но может быть увеличен до 250 мл при анализе растворов с пониженной величиной общей жесткости.

#### ОТБОР ПРОБ

При определении общей жесткости для отбора проб используются бутылки из полимерного материала или стекла. Максимальный рекомендуемый срок хранения проб — не более 4 суток.

*О приготовлении почвенной вытяжки см. в п. 3.4.*

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «ОЖ-1».

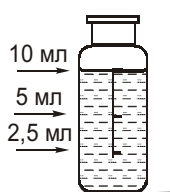
Склянка для титрования с пробкой, пипетка-капельница полимерная.

Раствор титранта.

Контрольная шкала образцов окраски начала и окончания титрования.

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



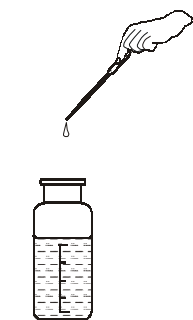
##### 1.

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Налейте в склянку до метки определенный объем пробы воды, в зависимости от предполагаемой жесткости:

- для мягкой воды (1,5–3,0°Ж) — до метки «10 мл»;
- для воды средней жесткости (3,0–6,0°Ж) и жесткой (6,0–10,0°Ж) — до метки «5 мл»;
- для очень жесткой воды (более 10,0°Ж) — до метки «2,5 мл».



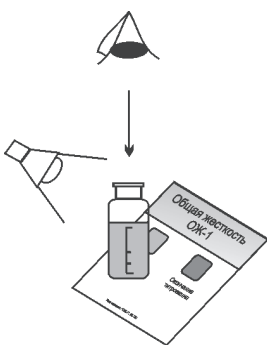
### 3.6. Определение общих показателей



#### 2.

Расположите склянку с раствором на белом фоне при достаточной освещенности. Добавляйте к пробе пипеткой-капельницей раствор титранта, считая капли.

*Обратите внимание на цвет раствора после добавления первых капель титранта — розовый (окраска образца «Начало титрования»).*



#### 3.

Продолжайте добавлять раствор титранта по каплям, непрерывно перемешивая содержимое склянки и сравнивая окраску раствора с контрольной шкалой, до изменения цвета раствора от розового до сиренево-синего. Вблизи точки эквивалентности, после добавления очередной капли, наблюдайте за окраской раствора не менее 10–20 сек. (окраска образца «Окончание титрования»).

Для уточнения количества капель раствора титранта, израсходованных на титрование (N), анализ рекомендуется повторить, при этом для анализа отбирайте пробы в объеме согласно меткам на мерной склянке (см. п. 1. данного определения).

#### 4.

Рассчитайте величину общей жесткости воды в пробе  $C_{ОЖ}$  в °Ж (ммоль/л эквивалента) в зависимости от объема пробы ( $V_{пр}$ ) и количества капель израсходованного раствора титранта (N), используя данные табл. 7.

Таблица 7

Данные для расчета общей жесткости

Объем пробы, мл	Расчетная формула для определения $C_{ОЖ}$ в °Ж
2,5	$2 \times N$
5,0	$1 \times N$
10,0	$0,5 \times N$

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

**Примечание.** Данные в табл. 7 приведены из условия, что 1 капля раствора титранта эквивалентна 1°Ж при титровании пробы объемом 5 мл.

**Пример.** При определении общей жесткости лечебно-минеральной воды на титрование пробы объемом 2,5 мл израсходовано 7 капель раствора титранта. Значение общей жесткости воды рассчитываем по табл. 7 как:

$$C_{ож} = 2 \times N = 2,0 \times 7 = 14^\circ\text{Ж}.$$

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности при определении общей жесткости может быть выполнен путем анализа контрольных растворов, имеющих известную концентрацию катионов кальция или магния.

## 3.7. Определение индивидуальных показателей

### 3.7.1. Аммоний

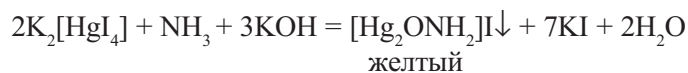
Аммоний и его соединения в небольших концентрациях обычно присутствуют в природных водах вследствие участия в биологическом круговороте веществ (в цикле азота) и техногенного загрязнения (минеральными удобрениями, фекальными стоками и т. п.).

ПДК аммиака и ионов аммония в воде водоемов составляет 2,6 мг/л (или 2,0 мг/л по аммонийному азоту). Лимитирующий показатель вредности — общесанитарный.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метод определения массовой концентрации иона аммония является колориметрическим (ГОСТ 4192-82, ПНД Ф 14.1:2:4.262-10, МВИ-04-148-10) и пригоден для анализа питьевой и природной воды. Определение основано на реакции иона аммония с реактивом Несслера (тетрайодомеркуратом калия в щелочной среде,  $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$ ) с образованием окрашенного в щелочной среде в желтый цвет соединения:

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



Мешающее влияние железа устраняют добавлением к пробе сегнетовой соли  $\text{KCOO}(\text{CHON})\text{COONa}$ .

Определению мешают амины, хлорамины, ацетон, альдегиды, спирты, фенолы, компоненты жесткости воды, хлор и другие вещества, реагирующие с реактивом Несслера, в концентрациях, не встречающихся в природных водах, поэтому влияние указанных веществ в данном методе считается незначимым.

Окрашенная проба колориметрируется визуально по цветовой контрольной шкале либо фотометрически.

Диапазон определяемых концентраций аммония в воде составляет: при визуально-колориметрическом определении — от 1,0 до 7,0 мг/л; при фотоколориметрическом определении — от 0,2 до 4 мг/л (430 нм).

Объем пробы — 5 мл, продолжительность анализа — не более 5 мин.

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Аммоний».

Пипетка градуированная на 10 мл (в состав некоторых изделий не входит), пипетка-капельница вместимостью 1 мл, пробирка колориметрическая с меткой «5 мл», шпатель. Реактив Несслера, сегнетова соль. Контрольная цветовая шкала образцов окраски для определения иона аммония (0; 1,0; 2,6; 5,0; 7,0 мг/л).

При фотоколориметрическом определении: фотоколориметр «Экотест-2020» или аналогичного типа с кюветой 10 мм.

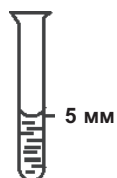
*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

#### ОТБОР ПРОБЫ

Для отбора проб при определении аммония используются бутылки из полимерного материала или стекла. Допускается хранение проб в течение не более 2 суток при условии их консервации подкислением до pH менее 2 (1 мл концентрированной серной кислоты на 1 л воды) и хранения в холодильнике (2–5°C).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

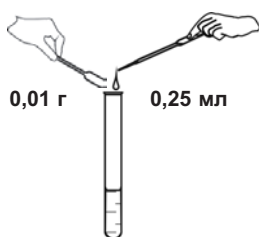


1.

Ополосните колориметрическую пробирку несколько раз анализируемой водой.  
Налейте в пробирку пробу воды до метки «5 мл».

**Примечание.**

Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.



2.

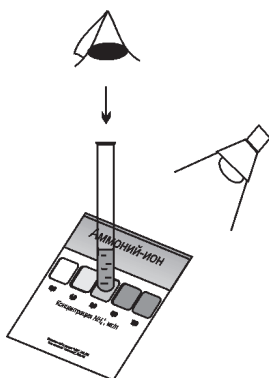
Добавьте в воду шпателем 0,01 г сегнетовой соли (несколько кристаллов) и туда же пипеткой — 0,25 мл (8–10 капель) реактива Несслера. Содержимое пробирки перемешайте встряхиванием.



2 мин.

3.

Оставьте смесь на 2 мин. для завершения реакции.



4.

Выполните колориметрирование пробы. При визуальном колориметрическом определении пробирку с пробой поместите над белым полем контрольной шкалы. Освещая пробирку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, наблюдайте окраску раствора сверху вниз. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации иона аммония в мг/л.

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



#### 5.

При фотоколориметрическом определении окрашенную пробу поместите в кювету (10 мм) и определите значение ее оптической плотности на фотоколориметре «Экотест–2020» или аналогичного типа при длине волны 430 нм относительно холостой пробы.

Далее, с использованием градуировочной характеристики, заблаговременно построенной согласно МВИ-04-148-10, рассчитайте массовую концентрацию иона аммония в мг/л.

При использовании фотоколориметра с запрограммированными значениями параметров градуировочной характеристики значения массовой концентрации иона аммония автоматически выводятся на его дисплей. При работе на фотоколориметре руководствуйтесь инструкцией, прилагаемой к прибору.

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности может быть выполнен путем анализа стандартного раствора соли аммония или ГСО (по иону аммония) при концентрациях, равных значениям, приведенным для образцов на контрольной шкале.

#### 3.7.2. Железо общее

Железо — один из наиболее распространенных элементов в природе. Его содержание в земной коре составляет около 4,7% по массе, поэтому железо с точки зрения его распространенности в природе принято называть макроэлементом. Известно свыше 300 минералов, содержащих соединения железа. Среди них — магнитный железняк  $\alpha$  —  $\text{FeO}(\text{OH})$ , бурый железняк  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ , гематит (красный железняк), гемит (бурый железняк), гидрогетит, сидерит  $\text{FeCO}_3$ , магнитный колчедан  $\text{FeS}_x$  ( $x = 1 \div 1,4$ ), железомарганцевые конкреции и др. Железо также является жизненно важным микроэлементом для живых организмов и растений, т. е. элементом, необходимым в малых количествах для жизнедеятельности.

Железо образует 2 рода растворимых солей, образующих ионы  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ , однако в растворе железо может находиться и во многих других формах, в частности:

- 1) в виде истинных растворов (аквакомплексов)  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ , содержащих железо (II). На воздухе железо (II) быстро окисляется до железа (III), растворы которого имеют бурую окраску из-за быстрого образования гидроксосоединений (сами растворы  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  практически бесцветны);

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

- 2) в виде коллоидных растворов из-за *пептизации* (распада агрегированных частиц) гидроксида железа под воздействием органических соединений;
- 3) в виде комплексных соединений с органическими и неорганическими лигандами. К ним относятся карбонилы, ареновые комплексы (с нефтепродуктами и др. углеводородами), гексацианоферраты  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  и др.

В нерастворимой форме железо может находиться в виде взвешенных в воде твердых минеральных частиц различного состава.

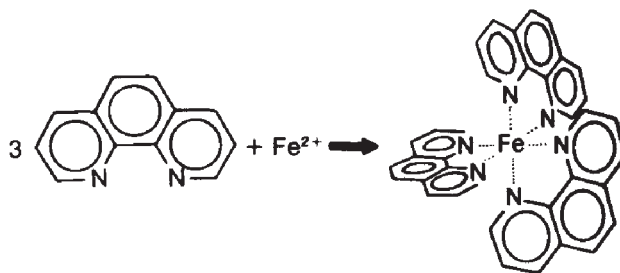
Таким образом, в природных водах, в зависимости от условий, могут происходить сложные превращения соединений железа в разных его формах, как в растворе, так и в твердой (взвешенной) фазе, и важными факторами при этом являются кислотность среды, концентрация растворенного кислорода и т. п. Поэтому точные результаты могут быть получены только при определении суммарного железа во всех его формах, так называемого *общего железа*.

Раздельное определение железа (II) и (III), их нерастворимых и растворимых форм, дает менее достоверные результаты относительно загрязнения воды соединениями железа, хотя иногда возникает необходимость определить железо в его индивидуальных формах.

ПДК общего железа в воде составляет для водоемов хозяйственно-бытового назначения 0,3 мг/л, рыбохозяйственного назначения — 0,05 мг/л. Лимитирующий показатель вредности — органолептический.

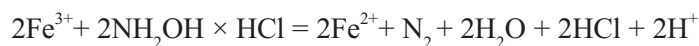
#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метод определения железа общего является колориметрическим (ГОСТ 4011-72, МВИ-01-190-09, ПНД Ф 14.1:2:4.259-2010) и пригоден для анализа питьевой и природных вод. Определение основано на способности катиона железа (II) в интервале pH 3–9 образовывать с орто-фенантролином комплексное оранжево-красное соединение. Реакцию можно представить схемой:



При наличии в воде железа (III) оно восстанавливается до железа (II) солянокислым гидросиламином в ацетатном буферном растворе при pH 4,5–4,7 по реакции:

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



Таким образом определяется суммарное содержание железа (II) и железа (III). Анализ проводится в ацетатном буферном растворе при pH 4,5–4,7.

Метод практически селективен при анализе природных поверхностных вод и питьевой воды. Проведению анализа мешают: медь и кобальт в концентрациях более 5 мг/л; никель — более 2 мг/л; марганец — более 50 мг/л; большие количества цианидов, нитритов, полифосфатов.

Окрашенная проба колориметрируется визуально по цветовой контрольной шкале либо фоториметрически.

Диапазон определяемых концентраций железа в воде: при визуально-колориметрическом определении — от 0,1 до 1,5 мг/л; при фотоколориметрическом определении — от 0,05 до 2 мг/л (502 нм).

Объем пробы составляет 10 мл, продолжительность анализа — не более 20 мин.

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Железо».

Бумага индикаторная универсальная, мерная склянка с меткой «10 мл» с пробкой, пипетка градуированная на 10 мл (в состав некоторых изделий не входит), пипетка-капельница полимерная на 1 мл (5 шт).

Вода дистиллированная, раствор орто-фенантролина, раствор буферный ацетатный (pH = 4,5), раствор гидроксида натрия (10%), раствор соляной кислоты (1:10), раствор солянокислого гидросиламина.

**Примечание.** Вода дистиллированная в состав изделия не входит.

Контрольная цветовая шкала образцов окраски для определения железа общего (0; 0,1; 0,3; 0,7; 1,0; 1,5 мг/л).

При фотоколориметрическом определении: фотоколориметр «Экотест–2020» или аналогичного типа с кюветой 10 мм.

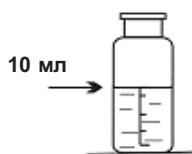
*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

#### ОТБОР ПРОБ

Для отбора проб при определении общего железа используются бутылки из полимерного материала или боросиликатного стекла. Данный показатель рекомендуется определять сразу после определения неустойчивых показателей. Допускается хранение проб в течение не более 2 суток при условии их консервации подкислением до pH менее 2 (20 мл концентрированной соляной кислоты на 1 л воды) и хранения в холодильнике (2–5°C).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



**1.**

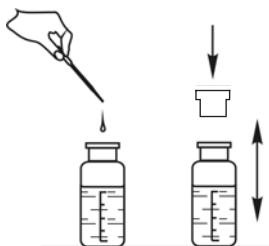
Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Налейте в склянку пробу воды до метки «10 мл». Используя универсальную индикаторную бумагу и пипетку-капельницу, а также, в зависимости от pH среды, растворы гидроксида натрия либо соляной кислоты, доведите pH пробы до pH 4–5.

**Примечание.**

Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.

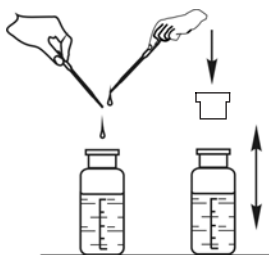


Соблюдайте осторожность при работе с растворами щелочи и кислоты!



**2.**

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



**3.**

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



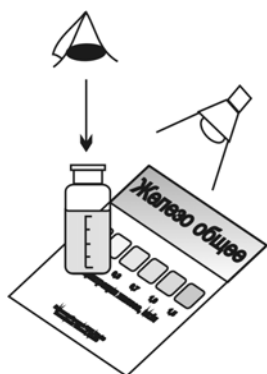
20 мин.

**4.**

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



### 3.7. Определение индивидуальных показателей



#### 5.

Проведите колориметрирование пробы.

При визуальном колориметрическом определении склянку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы. Освещая склянку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, наблюдайте окраску раствора сверху вниз. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации железа общего в мг/л.



#### 6.

При фотоколориметрическом определении окрашенную пробу поместите в кювету (10 мм) и определите значение ее оптической плотности на фотоколориметре «Экотест-2020» или аналогичного типа при длине волны 502 нм относительно холостой пробы.

Далее, с использованием градуировочной характеристики, заблаговременно построенной согласно МВИ-01-190-09, рассчитайте массовую концентрацию железа общего в мг/л.

При использовании фотоколориметра с запрограммированными значениями параметров градуировочной характеристики, значения массовой концентрации железа общего автоматически выводятся на его дисплей. При работе на фотоколориметре руководствуйтесь инструкцией, прилагаемой к прибору.

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности анализа при определении общего железа может быть выполнен путем анализа специально приготовленного раствора соли Мора  $\text{FeSO}_4 \times (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times 6\text{H}_2\text{O}$  или ГСО по иону  $\text{Fe}^{2+}$ .

#### 3.7.3. Нитраты

*Нитраты* являются солями азотной кислоты и обычно присутствуют в воде. Нитрат-ион содержит атом азота в максимальной степени окисления «+5».

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

ПДК нитратов (по  $\text{NO}_3^-$ ):

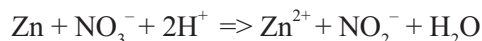
- для питьевой воды и воды водоемов хозяйственно-питьевого назначения — 45 мг/л;
- для водоемов рыбохозяйственного назначения — 40 мг/дм<sup>3</sup> (9,1 мг/л по азоту);
- для почвы — 130 мг/кг.

Лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический.

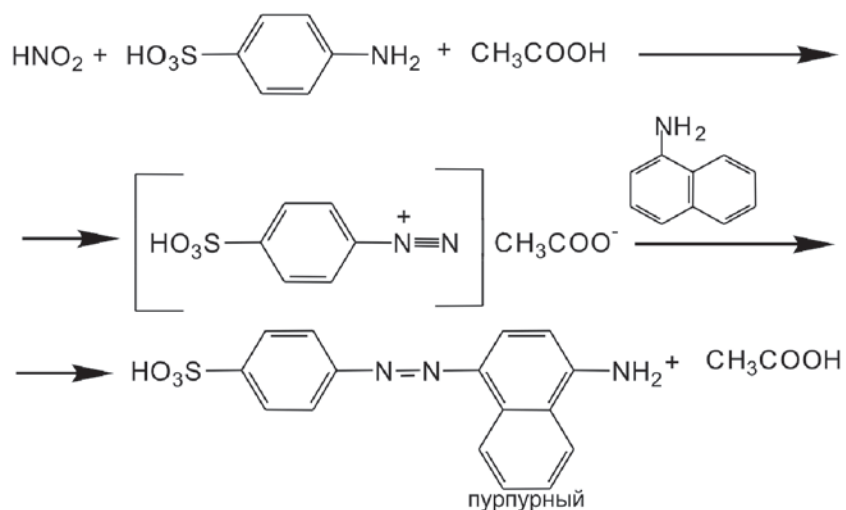
#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метод определения нитрат-ионов является визуально-колориметрическим и позволяет выполнять экспресс-анализ питьевой, нормативно-очищенной сточной, природной и др. вод, а также нитратов и нитратного азота в почве.

Определение нитрат-ионов в жидкой пробе (воде или почвенной вытяжке) основано на предварительном восстановлении цинковой пылью нитрат-ионов до нитрит-ионов с последующим образованием азокрасителя. Восстановление нитрат-иона до нитрит-иона протекает в слабокислой среде по реакции:



Далее образовавшийся нитрит-ион в слабокислой среде реагирует с реактивом Грисса (смесью сульфаниловой кислоты и  $\alpha$ -нафтиламина). При этом протекают реакции диазотирования и азосочетания, в результате которых образуется азосоединение (азокраситель), имеющее пурпурную окраску:



### 3.7. Определение индивидуальных показателей

При определении содержания нитратов в почве их сначала извлекают из нее раствором хлорида калия и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом.

Концентрация нитрат-ионов в анализируемой пробе определяется визуально-колориметрически путем сравнения окраски пробы с цветовой контрольной пленочной шкалой. Содержание нитрат-ионов и азота нитратов в почве определяется расчетным путем исходя из концентрации нитрат-ионов в почвенной вытяжке (соотношение сухая почва – вода — 1:5).

Диапазон определяемых концентраций нитрат-ионов в жидкой пробе составляет от 0 до 45 мг/л при объеме пробы 6 мл. Продолжительность выполнения анализа — не более 25 мин.

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Нитраты».

Пипетка-капельница полимерная на 3 мл, пробирка градуированная с пробкой (2 шт.), склянка для колориметрирования с меткой «10 мл» (2 шт.), флакон для приготовления реактива на нитрат-ионы, шпатель.

Порошок цинкового восстановителя, раствор  $\alpha$ -нафтиламина, раствор сульфаниловой кислоты.

Контрольная цветовая шкала образцов окраски проб «Нитрат-ионы» (0; 1,0; 5,0; 10; 20; 45 мг/л).

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

#### ПОДГОТОВКА К АНАЛИЗУ

Подготовка к анализу состоит в приготовлении реактива на нитрат-ионы, имеющего ограниченный срок годности.

**Приготовление реактива на нитрат-ионы.** С помощью градуированных пробирок отмеряются равные объемы растворов  $\alpha$ -нафтиламина и сульфаниловой кислоты и смешиваются во флаконе для приготовления реактива на нитрат-ионы. Реактив готовится в количествах, необходимых для проведения анализа, и используется в день приготовления.



Растворы  $\alpha$ -нафтиламина и сульфаниловой кислоты являются растворами в разбавленной уксусной кислоте.

При работе с ними следует соблюдать правила безопасности.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ОТБОР ПРОБ

Для отбора проб при определении нитрат-ионов используются бутылки из полимерного материала или стекла. Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб.

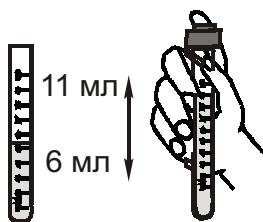
Допускается хранение проб в течение не более 1 суток при условии их консервации подкислением до pH менее 2 и охлаждении до 2–5°C либо при консервации добавлением 2–4 мл хлороформа на 1 л пробы и охлаждении до 2–5°C.

**Примечание.** Не допускается использовать для подкисления проб азотную кислоту.

При отборе проб грунтовых и поверхностных вод на месте отбора проводится фильтрование проб через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм и охлаждение до 2–5°C. Срок хранения таких проб — не более 2 суток.

*О приготовлении почвенной вытяжки см. в п. 3.4.*

#### ВЫПОЛНЕНИЕ АНАЛИЗА



1.

Ополосните градуированную пробирку несколько раз анализируемой водой или почвенной вытяжкой. Налейте в пробирку 6 мл анализируемой пробы, прибавьте дистиллированную воду до объема 11 мл и перемешайте.

**Примечание.**

Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.



2.

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

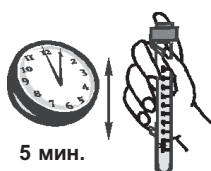


Соблюдайте осторожность при добавлении реактива на нитрат-ионы.

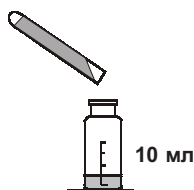
### 3.7. Определение индивидуальных показателей



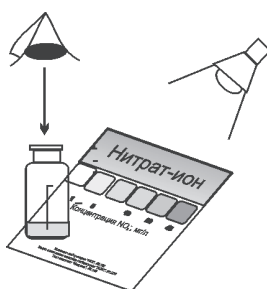
- 3.** Прибавьте в пробирку около 0,2 г порошка цинкового восстановителя, используя шпатель (0,2 г порошка заполняют 1/3 объема шпателя без горки). Закройте пробирку пробкой и перемешайте.



- 4.** Оставьте пробирку на 5 мин. для полного протекания реакции, периодически встряхивая ее содержимое.



- 5.** Перелейте раствор из пробирки в склянку для колориметрирования до метки «10 мл», стараясь не допустить попадания осадка в склянку.



- 6.** Проведите колориметрирование пробы. При визуальном колориметрическом определении склянку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы. Освещая склянку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, наблюдайте окраску раствора сверху вниз. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации нитрат-ионов ( $C$ ) в мг/л.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### 7.

Рассчитайте значения концентраций нитрат-ионов и азота нитратов в почве.

Исходя из концентрации нитрат-ионов в почвенной вытяжке ( $C$ ), рассчитайте содержание нитратов и массовую долю азота нитратов в почве по формулам (1) и (2) соответственно:

$$C_{II} = 2,5 \times C \quad (1)$$

$$\omega_N = \frac{2,5 \times 14 \times C \times 10^{-6}}{62} = \frac{C_{II} \times 14 \times 10^{-6}}{62}, \quad (2)$$

где  $C_{II}$  — концентрация нитрат-ионов в почве (мг/кг почвы);  
2,5 — соотношение массы раствора хлорида калия и массы почвы;  
 $C$  — концентрация нитрат-ионов в почвенной вытяжке (в мг/л);  
 $\omega_N$  — массовая доля азота нитратов в почве;  
14 — относительная атомная масса азота;  
62 — относительная молекулярная масса нитрат-иона;  
 $10^{-6}$  — коэффициент пересчета мг в кг.

Для облегченного расчета концентраций нитрат-ионов и азота нитратов в почве рекомендуется пользоваться табл. 8.

Таблица 8

**Соотношение концентрации нитрат-ионов  
в почвенной вытяжке и почве,  
а также массовой доли азота нитратов в почве**

Концентрация нитратов в почвенной вытяжке, мг/л	1	5	10	20	45
Концентрация нитратов в почве, мг/кг почвы	2,5	12,5	25	50	112,5
Массовая доля азота нитратов в почве, $\times 10^{-6}$	0,56	2,8	5,6	11	25

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности анализа может быть выполнен путем анализа стандартного раствора нитрат-иона при концентрациях, равных значениям, приведенным для образцов на контрольной шкале.

#### 3.7.4. Растворенный кислород

Кислород в воде находится в виде гидратированных молекул  $O_2$ . Содержание растворенного кислорода (РК) зависит от температуры, атмосферного давления, степени турбулизации воды, количества осадков, минерализации воды и т. п. Растворимость кислорода возрастает с уменьшением температуры и минерализации и с увеличением атмосферного давления.

В поверхностных водах содержание РК может колебаться от практического отсутствия до 14 мг/л и подвержено значительным сезонным и суточным колебаниям. В эвтрофированных и сильно загрязненных органическими соединениями водных объектах может иметь место значительный дефицит кислорода.

Растворенный кислород является неустойчивым компонентом химического состава вод. При его определении особо тщательно следует проводить отбор проб: необходимо избегать контакта воды с воздухом до фиксации кислорода (связывания его в нерастворимое соединение).

В воде водоемов в любой период года до 12 часов дня концентрация РК должна быть не менее 4 мг/л. ПДК растворенного в воде кислорода для рыбохозяйственных водоемов установлена 6 мг/л (для ценных пород рыбы) либо 4 мг/л (для остальных пород).

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

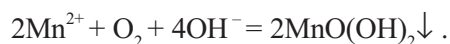
Метод определения массовой концентрации РК в воде является титриметрическим (метод йодометрического титрования, метод Винклера) и пригоден для анализа природных и нормативно-очищенных сточных вод. Данный метод широко используется и является общепринятым при санитарно-химическом и экологическом контроле (ПНД Ф 14.1:2.101-97/2004, РД 52.24.419-95, ИСО 5813). Определение концентрации РК основано на способности гидроксида марганца (II) окисляться в щелочной среде до гидроксида марганца (IV), количественно связывая при этом кислород. В кислой среде гидроксид марганца (IV) снова переходит в двухвалентное состояние, окисляя при этом эквивалентное связанному кислороду количество йода. Выделившийся йод оттитровывают раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала в качестве индикатора.

Определение РК проводится в несколько этапов. Сначала в анализируемую воду добавляют соль Mn (II), который в щелочной среде реагирует с ра-

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

створенным кислородом с образованием нерастворимого дегидратированного гидроксида Mn (IV) по уравнению:

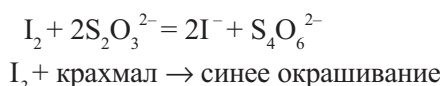


Таким образом производится фиксация, т. е. количественное связывание, кислорода в пробе. Фиксация РК, являющегося неустойчивым компонентом в составе воды, должна быть проведена *сразу после отбора пробы*.

Далее к пробе добавляют раствор сильной кислоты (как правило, соляной или серной) для растворения осадка и раствор йодида калия, в результате чего протекает химическая реакция с образованием свободного йода по уравнению:



Затем свободный йод титруют раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала, который добавляют для лучшего определения момента окончания титрования. Реакция описывается уравнением:



О завершении титрования судят по исчезновению синей окраски (обесцвечиванию) раствора в точке эквивалентности. Количество раствора тиосульфата натрия, израсходованное на титрование, является мерой концентрации растворенного кислорода.

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

Мешающее влияние на аналитическое определение РК могут оказывать вещества (взвешенные и окрашенные, биологически активные, восстановители, реагирующие с выделившимся йодом, окислители, выделяющие йод из йодида калия) в концентрациях, встречающихся только в сточных и загрязненных поверхностных водах.

Влияние **нитритов**, которые часто встречаются в природных и сточных водах, устраняют добавлением раствора сульфаминовой кислоты.

Определение РК является частью анализа при определении другого важнейшего показателя качества воды — биохимического потребления кислорода (БПК), см. п. 3.6.1.

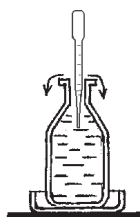
Диапазон измеряемых концентраций РК составляет от 1 мг/л до 15 мг/л.

Для выполнения одного измерения концентрации РК необходимо около 130 мл пробы воды, для определения БПК<sub>5</sub> — 500 мл. Продолжительность выполнения анализа одной пробы на содержание РК составляет не более 20 мин.



### 3.7. Определение индивидуальных показателей

#### ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАЦИЙ ПРИ РАБОТЕ С КИСЛОРОДНЫМИ СКЛЯНКАМИ



Погружение в кислородную склянку пипетки с фиксирующим раствором осуществляйте на глубину 2–3 см, как показано на рисунке. По мере выливания раствора поднимайте пипетку вверх, фиксируя вводимый объем по изменению уровня заполнения пипетки. Излишек жидкости из склянки при этом стекает через край в подставленную чашку Петри.



После введения раствора из пипетки склянку слегка наклоните и быстро закройте пробкой. Излишек жидкости стекает через край.



В склянке не должно остаться пузырьков воздуха.  
Склянка не должна оставаться открытой.



Содержимое склянки перемешивайте встряхиванием помещенной внутрь мешалки.

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «РК-БПК».

Воронка, колба коническая на 250 мл, мешалка стеклянная (4 шт.), пипетка градуированная для титрования на 10 мл со шприцем-дозатором и соединительной трубкой, пипетка-капельница полимерная на 1 мл (7 шт.) и на 3 мл, пробирка градуированная с пробкой, склянки кислородные калиброванные (объем около 130 мл) с пробками (3 шт.), стойка-штатив, термометр с ценой деления не более 0,5°C, трубка пластиковая гибкая (сифон), цилиндр мерный на 25 мл, чашка Петри.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

Барометр любого типа, мерная колба на 100 мл, плитка электрическая (в состав изделия не входят).

Крахмал растворимый (в капсулах по 0,25 г), раствор йодида калия щелочной, раствор крахмала стабилизированный, раствор серной кислоты (1:2), раствор соли марганца, раствор тиосульфата натрия стабилизированный (0,1 моль/л эквивалента), раствор тиосульфата натрия стабилизированный (0,02 моль/л эквивалента).

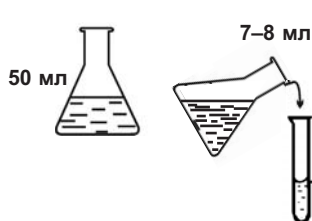
**Примечание.** Раствор крахмала стабилизированный имеет срок годности не более 1 мес. По истечении этого срока необходимо приготовить свежий раствор.

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

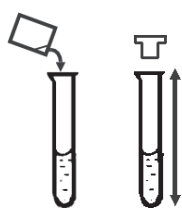
#### ПОДГОТОВКА К АНАЛИЗУ

Подготовка к анализу включает приготовление растворов, неустойчивых при хранении и расходуемых в ходе анализа — растворов крахмала и тиосульфата натрия.

#### Приготовление раствора крахмала

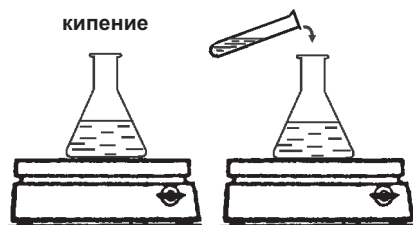


**1.** В коническую колбу поместите 50 мл дистиллированной воды. Из колбы перелейте 7–8 мл воды в пробирку.



**2.** В пробирку полностью перенесите содержимое капсулы с крахмалом. Пробирку закройте пробкой, содержимое взболтайте для образования суспензии крахмала.

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



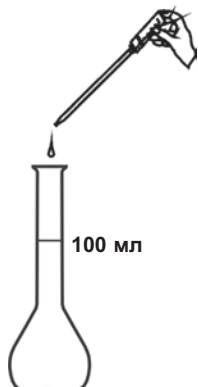
#### 3.

Коническую колбу с оставшимся объемом воды поставьте на плитку с закрытой спиралью и доведите воду до кипения. В кипящую воду полностью перенесите суспензию из пробирки. Смесь доведите до кипения.

Раствор крахмала охладите и храните во флаконе из-под того же раствора, отметив дату его приготовления на этикетке. Раствор устойчив в течение 4–5 дней. Раствор крахмала после его охлаждения можно стабилизировать добавлением 2–3 капель хлороформа. Срок годности стабилизированного раствора крахмала — 1 мес. при хранении при комнатной температуре и 4 мес. — при хранении в холодильнике (2–5°C).

Рекомендуется приготовление свежего раствора крахмала накануне выполнения определений.

#### Приготовление раствора тиосульфата натрия (0,02 моль/л эквивалента)



Отберите градуированной пипеткой 20,0 мл раствора тиосульфата натрия (0,1 моль/л эквивалента), поместите в мерную колбу вместимостью 100 мл, доведите объем раствора до метки дистиллированной водой, перемешайте раствор.

Раствор храните во флаконе из-под того же раствора, отметив дату его приготовления на этикетке.

Срок годности раствора — 3 мес.

#### ОТБОР ПРОБЫ

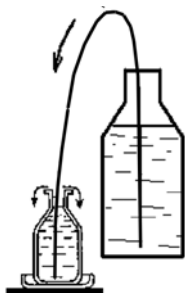
Отбор проб при анализе на содержание РК имеет ряд особенностей.

Для отбора проб на РК используются емкости из полимерного материала или стекла вместимостью не менее 1 л. Отбор проб с заданной глубины проводят с использованием батометра. Из поверхностных горизонтов допускается отбор проб непосредственно в кислородные склянки.

Если отбирается общая проба воды для анализов по разным компонентам, то проба для определения РК должна быть первой, взятой для дальнейшей обработки.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Водой из отобранной пробы ополаскивают 2–3 раза чистые калиброванные склянки из состава изделия или (если требуется специальная подготовка проб, например отстаивание) стеклянные бутылки.



Наполнение кислородных склянок из батометра или бутылки осуществляйте сифоном через резиновую трубку, опущенную до дна склянки. После заполнения кислородной склянки до горлышка продолжайте ее наполнение до тех пор, пока не выльется вода, соприкасавшаяся с находившимся в склянке воздухом, и еще один объем склянки. Трубку вынимайте из склянки, не прекращая тока воды из батометра. Аналогично проводите заполнение склянки из бутылки с анализируемой водой.

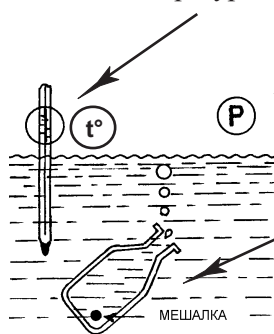


При наполнении кислородной склянки водой на ее стенках не должно оставаться пузырьков воздуха.

**Отбор пробы непосредственно на водоеме** выполняйте следующим образом.

- Измерьте и зафиксируйте значение температуры и атмосферного давления.

(Точное измерение температуры и атмосферного давления необходимы для расчета степени насыщения пробы кислородом.)



- Отберите пробу воды в склянку с мешалкой, заполняя водой весь объем склянки.

- Закройте склянку пробкой.



#### Примечания.

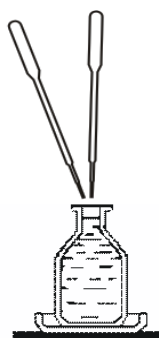
1. В склянке не должно остаться пузырьков воздуха.
2. Сразу после заполнения склянки проведите фиксацию кислорода, как описано ниже.

### 3.7. Определение индивидуальных показателей

#### ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА



При введении растворов в кислородную склянку соблюдайте правила, изложенные в рубрике «Особенности операций при работе с кислородными склянками» (стр. 113).

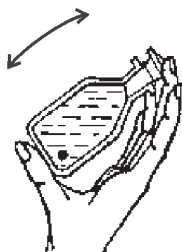


#### 1.

Заполните кислородную склянку пробой воды. Проведите фиксацию кислорода в пробе. Для этого введите в склянку разными пипетками 1 мл раствора соли марганца, затем 1 мл раствора йодида калия.



Слегка наклоните склянку, закройте пробкой. Излишек жидкости стечет через край. Следите, чтобы в склянке не осталось пузырьков воздуха. Склянка не должна оставаться открытой.

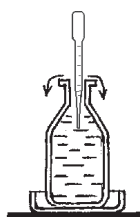


#### 2.

Перемешайте содержимое склянки с помощью имеющейся внутри мешалки, держа склянку в руке. Дайте отстояться образующемуся осадку не менее 10 мин.

#### Примечание.

Склянку с фиксированной пробой можно хранить в затемненном месте не более 1 суток.

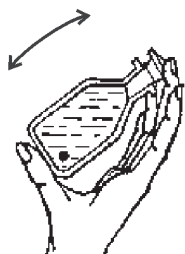


#### 3.

Проведите растворение осадка. Погружая пипетку в склянку, введите 2 мл раствора серной кислоты (осадок не взмучивать!). Пипетку вынимайте медленно по мере ее опорожнения.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---



**4.**

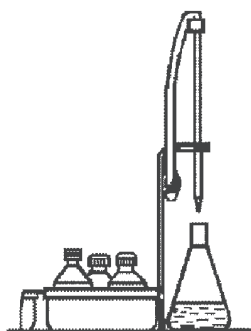
Склянку закройте пробкой и содержимое перемешайте до растворения осадка.



**5.**

Содержимое склянки полностью перенесите в коническую колбу на 250 мл.

**Примечание.** Можно проводить титрование части пробы. В этом варианте из кислородной склянки в колбу для титрования перенесите цилиндром 50 мл обработанной пробы с растворенным осадком. В данном случае из одной фиксированной пробы можно получить несколько параллельных результатов измерений, однако это приводит к некоторому снижению точности анализа. Дальнейшие операции проводите, как описано ниже, для обработки полной пробы.



**6.**

Проведите титрование пробы. Для этого заполните градуированную пипетку, закрепленную в штативе, раствором тиосульфата натрия (0,02 моль/л эквивалента) и титруйте пробу на белом фоне до слабо-желтой окраски. Затем добавьте пипеткой 1 мл раствора крахмала (раствор в колбе синее) и продолжайте титровать до полного обесцвечивания.

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



Исходный  
объём / $V_0$ /  
Конечный  
объём / $V_K$ /'

#### 7.

Определите общий объем раствора тиосульфата, израсходованный на титрование (как до, так и после добавления раствора крахмала):  $V_{TC} = V_0 - V_K$ .

#### ВЫЧИСЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

##### *А. Расчет массовой концентрации кислорода*

При титровании всей пробы концентрацию РК в воде ( $C_{PK}$ , мг/л) рассчитайте по формуле:

$$C_{PK} = \frac{V_{TC} \times N_{TC} \times 8 \times 1000}{V_{II}} = \frac{V_{TC} \times 160}{V_{II}}$$

При титровании части пробы (50 мл) концентрацию РК в воде ( $C_{PK}$ , мг/л) рассчитайте по формуле:

$$C_{PK} = \frac{V_{TC} \times N_{TC} \times 8 \times 1000}{50} = V_{TC} \times 3,2,$$

где  $V_{TC}$  — общий объем раствора тиосульфата, израсходованного на титрование, мл;

$N_{TC}$  — концентрация раствора тиосульфата натрия, 0,02 моль/л эквивалента;

8 — молярная масса эквивалента кислорода, г/моль;

1000 — коэффициент пересчета единиц измерения, из граммов в миллиграммы;

$V_{II}$  — объем анализируемой пробы (объем калиброванной кислородной склянки, приведенный в паспорте на изделие), мл.

**Примечание.** В данном расчете принимается, что потери растворенного кислорода в фиксированной форме при сливе излишков жидкости из склянки и при выполнении других операций много меньше результата измерений (пренебрежимо малы).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

#### *В. Расчет степени насыщения воды кислородом*

Степень насыщения воды кислородом ( $R$ , %) рассчитайте по формуле:

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

где: 100 — коэффициент пересчета единиц измерения из мг/л в %;

760 — нормальное атмосферное давление, мм рт. ст.;

$C_p$  — величина равновесной концентрации кислорода в воде при температуре отбора пробы, определенная по табл. 9;

$P$  — фактическая величина атмосферного давления в момент отбора пробы, мм рт. ст.

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

#### **Пример расчета содержания кислорода в воде**

1. При титровании пробы из кислородной склянки объемом 102,5 мл израсходовано 4,7 мл раствора тиосульфата натрия (0,02 моль/л эквивалента). Концентрация растворенного кислорода в воде составит:

$$C_{PK} = \frac{4,7 \times 160}{102,5} = 7,34 \text{ мг/л}$$

2. При титровании части пробы из кислородной склянки (50 мл) израсходовано 2,3 мл раствора тиосульфата натрия (0,02 моль/л эквивалента). Концентрация растворенного кислорода составит:

$$C_{PK} = 2,3 \times 3,2 = 7,36 \text{ мг/л.}$$

#### **Пример расчета степени насыщения воды кислородом**

Для анализа была отобрана проба воды при температуре 16°C и атмосферном давлении  $P = 735$  мм рт. ст. Определили концентрацию кислорода в воде:  $C_{PK} = 7,34$  мг/л. По табл. 9 нашли значение равновесной концентрации кислорода при  $t = 16^\circ\text{C}$ :  $C_p = 9,82$  мг/л. Степень насыщения составляет:

$$R = \frac{7,34 \times 100 \times 760}{9,82 \times 735} = 77,3\%$$



### 3.7. Определение индивидуальных показателей

Таблица 9

Зависимость равновесной концентрации кислорода в воде от температуры при атмосферном давлении 760 мм рт. ст.

Температура °С	Равновесная концентрация растворенного кислорода (в мг/л) при изменении температуры на десятые доли °С (C <sub>p</sub> )									
	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	13,13	13,10	13,06	13,03	13,00	12,96	12,93	12,89	12,86	12,82
5	12,79	12,76	12,72	12,69	12,66	12,52	12,59	12,56	12,53	12,49
6	12,46	12,43	12,40	12,36	12,33	12,30	12,27	12,24	12,21	12,18
7	12,14	12,11	12,08	12,05	12,02	11,99	11,96	11,93	11,90	11,87
8	11,84	11,81	11,78	11,75	11,72	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58
9	11,55	11,52	11,49	11,47	11,44	11,41	11,38	11,35	11,33	11,30
10	11,27	11,24	11,22	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03
11	11,00	10,98	10,95	10,93	10,90	10,87	10,85	11,82	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	9,90	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

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

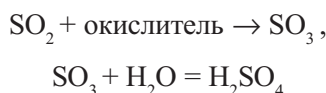
---

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности при определении кислорода можно проводить путем анализа пробы, концентрация РК в которой определена с использованием образцового оксиметра.

#### 3.7.5. Сульфаты

Сульфаты — распространенные компоненты природных вод. Их присутствие в воде обусловлено растворением некоторых минералов — природных сульфатов (гипс), а также переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов. Последние образуются при реакциях окисления в атмосфере оксида серы (IV) до оксида серы (VI), образования серной кислоты и ее нейтрализации (полной или частичной):



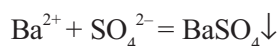
Наличие сульфатов в промышленных сточных водах обычно обусловлено технологическими процессами, протекающими с использованием серной кислоты (производство минеральных удобрений, химическая промышленность). Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека, однако ухудшают вкус воды: ощущение вкуса сульфатов возникает при их концентрации 250–400 мг/л. Сульфаты могут вызывать отложение осадков в трубопроводах при смешении двух вод с разным минеральным составом, например сульфатных и кальциевых (в осадок выпадает  $\text{CaSO}_4$ ).

Большое содержание сульфатов в почве обуславливает сульфатный тип засоления.

ПДК сульфатов в воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет 500 мг/л, лимитирующий показатель вредности — органолептический.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение сульфат-иона осуществляется титриметрическим методом в несколько стадий. На первой стадии протекает реакция сульфат-ионов с катионами бария с образованием нерастворимой суспензии сульфата бария по реакции:



Определение сульфатов выполняют в прозрачной воде (при необходимости воду фильтруют).

### 3.7. Определение индивидуальных показателей

На следующей стадии образующийся в растворе после полного связывания сульфат-ионов (достижения точки эквивалентности) избыток ионов бария реагирует с индикатором ортаниловым К с образованием комплексного соединения. При этом окраска раствора изменяется от сине-фиолетовой до зеленовато-голубой. Титрование проводится при рН 4. Определение проводится по МВИ-15-142а-11, метод аналогичен ПНД Ф 14.1:2.107-97 и применим при концентрациях сульфат-ионов от 30 до 300 мг/л. Объем пробы 2,5 мл, продолжительность анализа — не более 20 мин.

При определении содержания сульфатов в почвенной вытяжке их сначала извлекают из почвы водой (соотношение сухая почва – вода — 1:5) и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

#### ОТБОР ПРОБ

Для отбора проб при определении сульфат-иона используются бутылки из полимерного материала или стекла. Максимальный рекомендуемый срок хранения проб — не более 7 суток при условии охлаждения до 2–5°C.

*О приготовлении почвенной вытяжки см. в п. 3.4.*

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

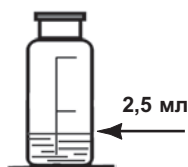
Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Сульфаты».

Воронка лабораторная, пипетка-капельница полимерная на 1 мл и 3 мл, пипетка градуированная для титрования с отрезком трубки и шприцем-дозатором, склянка с меткой «2,5 мл», фильтры бумажные.

Бумага индикаторная универсальная, раствор гидроксида натрия (0,1 моль/л), раствор кислоты соляной (0,1 моль/л), раствор хлорида бария (0,02 моль/л эквивалента), раствор индикатора ортанилового К в этаноле.

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

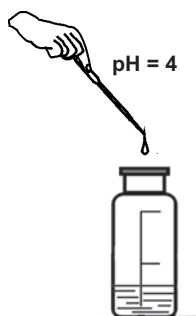


##### 1.

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой.

Налейте в склянку 2,5 мл пробы воды, используя для точности пипетку-капельницу.

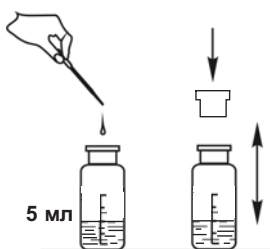
### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ



**2.**

Доведите рН пробы до рН 4 растворами гидроксида натрия либо соляной кислоты, прибавляя их с помощью пипетки-капельницы, в зависимости от рН среды.

Контролируйте значение рН по универсальной индикаторной бумаге.



**3.**

Используя пипетку-капельницу, добавьте в склянку с анализируемой водой раствор ортанилового К до метки «5 мл».

Закройте склянку пробкой и перемешайте раствор.



**4.**

Соедините шприц-дозатор с пипеткой для титрования. С помощью шприца наберите в пипетку для титрования раствор хлорида бария.

Постепенно, по каплям, титруйте содержимое склянки раствором хлорида бария до появления неисчезающей зеленовато-голубой окраски.

**Примечание.**

Для четкого определения точки эквивалентности окраску титруемой пробы сравнивайте с окраской холостой пробы, в качестве которой используйте склянку с таким же объемом анализируемой воды и индикатора.



**Соблюдайте осторожность:  
хлорид бария токсичен!**

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



Исходный  
объём /V<sub>0</sub>/

Конечный  
объём /V<sub>к</sub>/

#### 5.

Определите объем раствора хлорида бария, израсходованного на титрование ( $V$ , мл):

$$V = V_0 - V_k$$

#### 6.

Рассчитайте концентрацию сульфатов ( $C_c$ , мг/л) в анализируемой воде по формуле:

$$C_c = \frac{48,03 \times V \times C_B \times 1000}{V_{II}} = 384 \times V,$$

где 48,03 — молярная масса эквивалента сульфат-иона, г/моль;  
 $V$  — объем раствора хлорида бария, израсходованного на титрование, мл;  
 $C_B$  — концентрация раствора хлорида бария, используемого для титрования, 0,02 моль/л эквивалента;  
1000 — коэффициент пересчета единиц измерений из граммов в миллиграммы;  
 $V_{II}$  — объем пробы, взятой для титрования, 2,5 мл.

**Пример расчета.** На титрование 2,5 мл анализируемой воды израсходовано 0,5 мл раствора хлорида бария. Рассчитываем концентрацию сульфат-иона в воде:

$$C_c = 384 \times 0,5 = 192 \text{ мг/л.}$$

Концентрация сульфат-ионов в анализируемой воде составляет 192 мг/л.

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности при определении сульфат-ионов может быть выполнен путем анализа стандартных растворов сульфата натрия (по иону  $\text{SO}_4^{2-}$ ), имеющих известную концентрацию сульфатов.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

#### 3.7.6. Фосфаты

Соединения фосфора могут поступать в водоемы с поверхностным стоком сельскохозяйственных полей, стоками ферм, недоочищенными или неочищенными бытовыми сточными водами, а также со стоками некоторых производств. Наличие избытка соединений фосфора приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта (эвтрофикации). Особенно характерен данный процесс для малопроточных и непроточных водоемов. В результате происходит изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов. Это сопровождается возрастанием мутности, солености, концентрации бактерий, снижением концентрации растворенного кислорода.

В природных и сточных водах фосфор может присутствовать в разных видах. В растворенном состоянии фосфор может находиться в виде ортофосфорной кислоты ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) и ее анионов ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), в виде мета-, пиро- и полифосфатов (эти вещества используют для предупреждения образования накипи, они входят также в состав моющих средств). Кроме того, существуют разнообразные фосфорорганические соединения — нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, фосфолипиды и др., которые также могут присутствовать в воде, являясь продуктами жизнедеятельности или разложения организмов. К фосфорорганическим соединениям относятся также некоторые пестициды.

Фосфор может содержаться и в виде нерастворимых соединений (т. н. *твердая фаза воды*) — природных минералов, белковых, органических фосфорсодержащих соединений, остатков умерших организмов и др. Фосфор в твердой фазе в природных водоемах обычно находится в донных отложениях, но может и присутствовать в виде взвешенных в воде труднорастворимых фосфатов.

Нормативы содержания соединений фосфора в воде приводятся в пересчете на фосфат-ион\* ( $\text{PO}_4^{3-}$ ); используется также пересчет непосредственно на фосфор (P). Соответственно может быть рассчитана массовая концентрация конкретных соединений.

ПДК фосфат-иона для питьевой воды и воды водоемов хозяйственно-бытового назначения составляет 3,5 мг/л (в пересчете на фосфор — 1,1 мг/л), для водоемов рыбохозяйственного назначения — 0,2 мг/л, лимитирующий показатель вредности — органолептический.

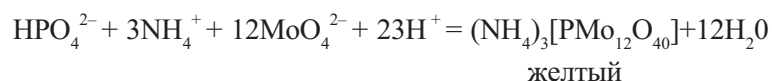
---

\* Исключение составляют фосфорорганические пестициды, которые образуют особую группу токсичных соединений и аналитически определяются в воде специальными методами.

### 3.7. Определение индивидуальных показателей

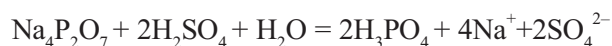
#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Метод определения фосфатов является колориметрическим (МВИ-05-240-10, ПНД Ф 14.1:2.112-97(2004), ИСО 6878) и пригоден для анализа питьевой, природной и очищенной сточной воды. Определение основано на реакции фосфат-иона с молибдатом аммония в кислой среде с образованием соли фосфорно-молибденовой гетерополикислоты:



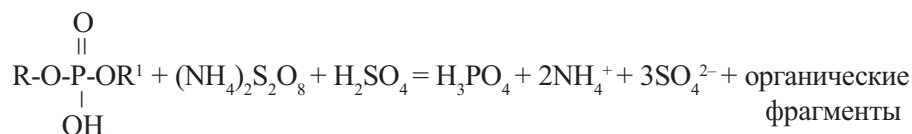
Образующийся при этом желтый продукт далее, под действием восстановителя — аскорбиновой кислоты в присутствии сурьмяно-виннокислого калия (антимонилтарtrate калия), превращается в комплекс — восстановленную форму фосфорно-молибденовой гетерополикислоты, окрашенную в интенсивно-голубой цвет. В данную реакцию из всех возможно присутствующих в воде фосфатов непосредственно вступают только ортофосфаты. В реакцию не вступают полифосфаты и сложные эфиры фосфорной кислоты.

Для определения полифосфатов их предварительно переводят в ортофосфаты путем кислотного гидролиза в присутствии серной кислоты. В тех же условиях, что и полифосфаты (т. е. после кислотного гидролиза), определяют также многие сложные эфиры фосфорной кислоты. Реакция кислотного гидролиза на примере пирофосфата протекает следующим образом:



При анализе фосфатов в гидролизованной пробе непосредственно определяется сумма ортофосфатов и полифосфатов; концентрация же полифосфатов рассчитывается как разность между результатами анализа гидролизованной и негидролизованной пробы.

Некоторые фосфорсодержащие органические соединения могут быть определены только после их минерализации, называемой иногда также «мокрым сжиганием». Минерализация фосфорсодержащих органических соединений проводится при кипячении пробы с добавлением кислоты и сильного окислителя — персульфата аммония. Реакция протекает по уравнению:



### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

После проведения минерализации пробы, которая приводит к превращению в ортофосфаты все, даже нерастворимые, соединения фосфора, присутствующие в воде, определяется содержание *общего фосфора*, т. е. суммарной концентрации всех фосфорсодержащих соединений в пересчете на фосфор. Однако для природных вод, не содержащих или содержащих незначительное количество трудногидролизующихся фосфатов в твердой фазе, минерализация обычно не требуется, и полученный при анализе гидролизованной пробы результат может с хорошим приближением быть принят за содержание общего фосфора.

Определению ортофосфатов мешают сульфиды и сероводород, а также нитриты, хроматы, железо в концентрациях, встречающихся только в загрязненных природных или сточных водах. Способ устранения мешающих влияний приведен в описании выполнения определения. Сильнокислые и сильнощелочные пробы предварительно нейтрализуют.

Окрашенная проба колориметрируется визуально по цветовой контрольной шкале либо фотометрически.

Диапазон определяемых концентраций фосфат-иона в воде: при визуальном-колориметрическом определении — от 0,5 до 7 мг/л; при фотоколориметрическом определении — от 0,1 до 3,5 мг/л (660 нм).

Объем пробы для анализа составляет 10 мл, продолжительность выполнения анализа — около 15 мин. при определении ортофосфатов и не более 60 мин. при определении полифосфатов.

#### ОТБОР ПРОБ

Для отбора проб при определении растворенных ортофосфатов используются бутылки из стекла. При необходимости проводят фильтрование на месте при отборе проб. Предпочтительно выполнение определений на месте отбора проб. Допускается хранение проб ортофосфатов не более 3 суток при условии их консервации добавлением 2–4 мл хлороформа на 1 л воды.

Для отбора проб при определении полифосфатов используются бутылки из полимерного материала или стекла. Допускается хранение проб ортофосфатов и полифосфатов в течение не более 1 суток при условии их консервации добавлением 2–4 мл хлороформа на 1 л и охлаждении до 2–5°C.



**А. Определение фосфат-иона в питьевой и природной воде**

**ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ**

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Ортофосфаты» либо комплекта-лаборатории «Фосфор».

Мерная склянка с метками «5 мл», «10 мл», «20 мл» и пробкой, пипетка-капельница полимерная на 1 мл (5 шт.) и на 3 мл (3 шт.), пипетка градуированная на 10 мл (в состав некоторых изделий не входит), пробирка градуированная с пробкой для приготовления раствора аскорбиновой кислоты, пробирка градуированная с пробкой для приготовления смешанного реактива.

Вода дистиллированная, кислота аскорбиновая, раствор сурьмяно-виннокислого калия, раствор для связывания нитритов (раствор сульфаминовой кислоты), раствор молибдата аммония, раствор серной кислоты (2,5 моль/л).

Контрольная цветовая шкала образцов окраски «Фосфат-ион» (0; 0,5; 1,0; 3,5; 7,0 мг/л).

При фотоколориметрическом определении: фотоколориметр «Экотест-2020» или аналогичного типа с кюветой 10 мм.

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

**ПОДГОТОВКА К АНАЛИЗУ**

Подготовка к анализу состоит в приготовлении раствора аскорбиновой кислоты и смешанного реактива, имеющих ограниченные сроки годности и расходуемых при анализе.

**Приготовление раствора аскорбиновой кислоты**



В градуированную пробирку для приготовления раствора аскорбиновой кислоты налейте 10 мл дистиллированной воды, добавьте в воду шпателем 0,2 г аскорбиновой кислоты (1/3 шпателя без горки), закройте крышечкой и перемешайте до полного растворения. Срок годности раствора — 1 сутки. Раствор храните в той же пробирке, герметично закрыв ее пробкой.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### Приготовление смешанного реактива



В градуированную пробирку для приготовления смешанного реактива добавьте с использованием пипеток полимерных:

- 5,0 мл раствора серной кислоты (2,5 моль/л);
- 2,0 мл раствора молибдата аммония;
- 2,0 мл раствора аскорбиновой кислоты;
- 1,0 мл раствора сурьяно-виннокислого калия;
- 12 капель (0,4 мл) раствора для связывания нитритов.



Содержимое пробирки перемешайте. Смешанный реактив готовят непосредственно перед использованием. Раствор храните в той же пробирке, герметично закрыв ее пробкой.

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



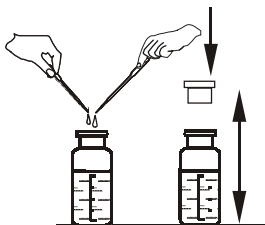
10 мл

#### 1.

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой. Налейте в склянку пробу воды до метки «10 мл».

#### Примечание.

Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью градуированной пипетки.

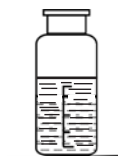


#### 2.

Добавьте к пробе пипеткой полимерной 1,0 мл смешанного реактива, перемешайте и затем другой пипеткой через 2 мин. — 3 капли раствора аскорбиновой кислоты. Склянку закройте пробкой и встряхните для перемешивания раствора.



**Смешанный раствор содержит серную кислоту. Соблюдайте осторожность при выполнении данной операции!**

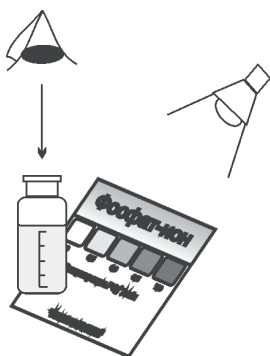


15 мин.

#### 3.

Оставьте пробу на 15 мин. для полного протекания реакции.

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



#### 4.

Выполните колориметрирование пробы. При визуальном-колориметрическом определении склянку с пробой поместите на белое поле контрольной шкалы. Освещая склянку рассеянным белым светом достаточной интенсивности, наблюдайте окраску раствора сверху вниз. Определите ближайшее по окраске поле контрольной шкалы и соответствующее ему значение концентрации фосфат-иона ( $C_{\text{оф}}$ ) в мг/л.



#### 5.

При фотоколориметрическом определении окрашенную пробу поместите в кювету (10 мм) и определите значение ее оптической плотности на фотоколориметре «Экотест–2020» или аналогичного типа при длине волны 660 нм относительно холостой пробы. Далее, с использованием градуировочной характеристики, заблаговременно построенной согласно МВИ-05-240-10, рассчитайте массовую концентрацию фосфат-иона ( $C_{\text{оф}}$ ) в мг/л.

При использовании фотоколориметра с запрограммированными значениями параметров градуировочной характеристики, значения массовой концентрации фосфат-иона автоматически выводятся на его дисплей. При работе на фотоколориметре руководствуйтесь инструкцией, прилагаемой к прибору.

### ***В. Определение гидролизующихся полифосфатов и эфиров фосфорной кислоты в питьевой и природной воде***

#### **ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ**

Оборудование и реактивы — те же, что и для определения фосфат-иона (определение 3.7.6, А).

Кипелки (стеклянные капилляры), колба коническая термостойкая с меткой «50 мл», холодильник воздушный обратный со шлиф-керном.

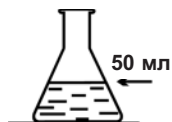
Раствор гидроксида натрия (10%), раствор серной кислоты 34%-ный, раствор фенолфталеина (в состав некоторых изделий не входят).

Плитка электрическая с закрытым нагревательным элементом (в состав изделия не входит).

Цилиндр мерный (в состав некоторых изделий не входит).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

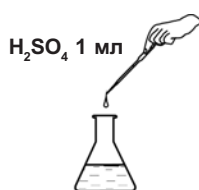


1.

Ополосните коническую колбу несколько раз анализируемой водой. Налейте в колбу пробу воды до метки «50 мл».

#### Примечание.

Для точных анализов объем пробы отмерьте с помощью мерного цилиндра.

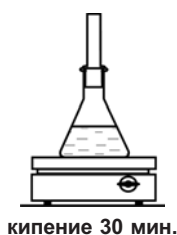


2.

Добавьте к пробе пипеткой 1 мл 34%-ной серной кислоты и несколько кипелок.



Соблюдайте осторожность при добавлении раствора серной кислоты!



3.

Проведите гидролиз пробы. Для этого присоедините к колбе воздушный обратный холодильник, как показано на рисунке, и поставьте колбу с пробой на плитку.

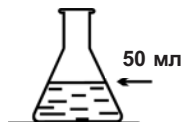
Охлаждение  
пробы

Доведите раствор до кипения и кипятите смесь при минимальной мощности нагревания 30 мин., после чего охладите колбу до комнатной температуры.



4.

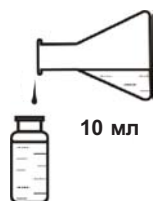
Охлажденную пробу нейтрализуйте. Для этого добавьте в пробу пипетками 2 капли раствора фенолфталеина и, постепенно, 10%-ный раствор гидроксида натрия до появления бледно-розовой окраски раствора по индикатору.



5.

Добавьте в колбу до метки «50 мл» дистиллированную воду для возмещения потери воды при кипячении.

### 3.7. Определение индивидуальных показателей



**6.**

Отберите часть пробы (10 мл) в мерную склянку и анализируйте ее в соответствии с п. 3.7.6, А. Полученный результат представляет сумму концентраций ортофосфатов и полифосфатов ( $C_{\Sigma}$ ) в пересчете на фосфат-ион ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

**Определение  
фосфат-иона  
по п. 3.7.6, А**

**Определение  
фосфат-иона  
по п. 3.7.6, А**

**7.**

В отдельной пробе анализируемой воды определите концентрацию фосфат-иона ( $C_{\text{ОФ}}$ ) в соответствии с п. 3.7.6, А.

**Примечание.**

Условия выполнения операций и колориметрирования при определении ортофосфатов и полифосфатов должны быть одинаковы.

**8.**

Рассчитайте концентрацию полифосфатов ( $C_{\text{ПФ}}$ ) в мг/л в пересчете на  $\text{PO}_4^{3-}$  по формуле:

$$C_{\text{ПФ}} = C_{\Sigma} - C_{\text{ОФ}},$$

где  $C_{\Sigma}$  — суммарная концентрация полифосфатов и ортофосфатов в гидролизованной пробе в пересчете на  $\text{PO}_4^{3-}$ , мг/л;

$C_{\text{ОФ}}$  — концентрация фосфат-иона в пробе, определенная по п. 3.7.6, А, мг/л.

#### ***С. Дополнительные операции при определении фосфат-иона в загрязненных поверхностных и сточных водах***

Приведенные в данной рубрике операции позволяют применять данный метод и тест-комплект (полевую лабораторию) при анализе загрязненных природных и сточных вод. Для этого выполните следующие операции.

1. Сильнокислые и сильнощелочные пробы предварительно нейтрализуйте до значений рН 6–7. Контролируйте рН пробы универсальной индикаторной бумагой.
2. Мешающее влияние сульфидов и сероводорода (более 3 мг/л по  $\text{S}^{2-}$ ) устраняйте, добавляя к пробе несколько капель разбавленного (розового) раствора перманганата калия до того состояния, когда окраска раствора перестанет исчезать (обесцвечиваться) после встряхивания пробы

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

1–2 мин. Далее, выполняя определение, прибавляйте реактивы в обратном порядке: сначала добавьте раствор аскорбиновой кислоты, перемешайте, затем прибавьте смешанный реактив.

**Примечание.** Розовый раствор перманганата калия приготовьте растворением нескольких кристаллов перманганата калия в пробирке с дистиллированной водой.

3. Мешающее влияние хроматов (свыше 2 мг/л по  $\text{CrO}_4^{2-}$ ) устраняйте прибавлением реактивов в обратном порядке: сначала добавьте раствор аскорбиновой кислоты, перемешайте, затем прибавьте смешанный реактив.
4. Мешающее влияние железа (свыше 1 мг/л) устраняйте, вводя эквивалентное количество комплексона III (трилона Б).

#### 3.7.7. Хлориды

Хлориды присутствуют практически во всех пресных поверхностных и грунтовых водах, а также в питьевой и минеральной воде.

Большие количества хлоридов могут образовываться в промышленных процессах концентрирования растворов, ионного обмена, высоливания и т. д., образуя сточные воды с высоким содержанием хлорид-иона.

Хотя соленые воды очень коррозионноактивны по отношению к металлам, пагубно влияют на рост растений и вызывают засоление почв, высокие концентрации хлоридов в питьевой воде не оказывают токсического воздействия на человека.

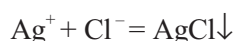
Если в воде присутствует хлорид натрия, она имеет соленый вкус уже при концентрациях свыше 250 мг/л. В случае хлоридов кальция и магния соленость воды возникает при концентрациях свыше 1000 мг/л. Именно по органолептическому показателю (вкусу) установлена ПДК по хлоридам для питьевой воды, воды водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, равная 350 мг/л. Для воды водоемов рыбохозяйственного назначения ПДК хлоридов составляет 300 мг/л. Лимитирующий показатель вредности — органолептический.

#### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

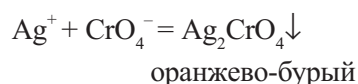
Метод определения массовой концентрации хлорид-иона является титриметрическим (метод аргентометрического титрования), широко распространен (ИСО 9297, МВИ-02-144-09, ПНД Ф 14.1:2.96-97) и применяется для

### 3.7. Определение индивидуальных показателей

анализа питьевой и природных вод, а также очищенной сточной воды. Определение основано на титровании хлорид-ионов раствором нитрата серебра при pH 5,0–8,0, в результате чего образуется суспензия практически нерастворимого хлорида серебра. Уравнение химической реакции записывается следующим образом:



В качестве индикатора используется хромат калия, который реагирует с избытком нитрата серебра с образованием хорошо заметного оранжево-бурого осадка хромата серебра по уравнению:



Бромиды и йодиды титруются совместно с хлоридами, однако ввиду их относительно малой концентрации в водах (обычно менее 0,5 мг/л) их вклад в результат считается незначимым.

При определении содержания хлоридов в почвенной вытяжке их сначала извлекают из почвы водой (соотношение сухая почва – вода — 1:5) и далее анализируют почвенную вытяжку тем же методом, выражая концентрацию ионов в мг/кг почвы.

Диапазон измеряемых концентраций хлорид-иона — от 10 до 1200 мг/л. Объем пробы составляет от 1 до 50 мл, в зависимости от концентрации хлоридов в пробе. Продолжительность анализа — не более 10 мин.

#### ОБОРУДОВАНИЕ И РЕАКТИВЫ

Анализ выполняется с применением тест-комплекта «Хлориды».

Пипетка для титрования градуированная на 2 мл или на 5 мл со шприцем-дозатором и соединительной трубкой; пипетка-капельница полимерная на 1 мл; склянка мерная с меткой «10 мл» с пробкой (2 шт.).

Колба коническая на 100 мл, цилиндр на 50 мл (для определения малых концентраций хлоридов, в состав некоторых изделий не входит).

Раствор азотнокислого серебра (0,05 моль/л экв.), раствор хромата калия (10%).

*Расположение оборудования и реактивов см. в паспорте на изделие.*

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### ОТБОР ПРОБ

Для отбора проб при определении хлоридов используются бутылки из полимерного материала или стекла. Максимальный рекомендуемый срок хранения проб — 1 месяц.

Объем пробы анализируемой воды, используемой для анализа, выбирается по табл. 10 в зависимости от предполагаемого уровня концентрации хлорид-иона.

Таблица 10

Выбор объема пробы при определении хлорид-иона

Предполагаемая концентрация хлорид-иона, мг/л	Объем пробы, мл
10–50	50
50–350	10
350–700	5
700–1200	1

О приготовлении почвенной вытяжки см. в п. 3.4.

#### ВЫПОЛНЕНИЕ АНАЛИЗА



##### 1.

Ополосните мерную склянку несколько раз анализируемой водой или почвенной вытяжкой.

Налейте в склянку объем пробы воды или вытяжки в соответствии с табл. 10.

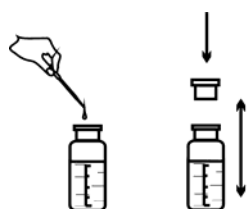
В случае предполагаемой концентрации хлорид-иона свыше 350 мг/л пробу в объеме согласно табл. 10 градуированной пипеткой поместите в мерную склянку, туда же добавьте дистиллированную воду до метки «10 мл».



При концентрации хлорид-иона менее 50 мг/л пробу наливайте мерным цилиндром в коническую колбу на 100 мл, в которой далее проводите определение как описано ниже.



### 3.7. Определение индивидуальных показателей



**2.**

Добавьте пипеткой-капельницей 3 капли раствора хромата калия.  
Закройте склянку пробкой и перемешайте раствор.



**3.**

Проведите титрование пробы. Для этого к содержимому склянки добавляйте раствор азотнокислого серебра (титранта), используя градуированную пипетку со шприцем-дозатором. Раствор титранта добавляйте постепенно, по каплям, при перемешивании, до появления не исчезающей оранжево-желтой окраски.

Определите объем раствора азотнокислого серебра, израсходованный на титрование ( $V = V_O - V_K$ , мл).



**Примечание.**

Для четкого определения точки эквивалентности при титровании окраску пробы анализируемой воды рекомендуется сравнивать с окраской холостой пробы, в качестве которой используйте склянку с таким же объемом анализируемой воды и раствора хромата калия.

**4.**

Рассчитайте концентрацию хлорид-иона ( $C_{хл}$ , мг/л) в анализируемой воде по формуле:

$$C_{хл} = \frac{V \times H \times 35,5 \times 1000}{V_{II}} = \frac{V}{V_{II}} \times 1775,$$

где  $V$  — объем раствора азотнокислого серебра, израсходованный на титрование, мл;

$H$  — концентрация раствора азотнокислого серебра, 0,05 моль/л;

$V_{II}$  — объем воды, взятой на анализ, согласно табл. 10, мл;

35,5 — молярная масса эквивалентна хлора, г/моль;

1000 — коэффициент пересчета единиц измерений из граммов в миллиграммы.

#### КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ АНАЛИЗА

Контроль точности может быть выполнен путем анализа стандартного раствора хлорида калия или ГСО, имеющего известное содержание хлорид-иона.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### 3.8. Сигнальное определение с применением тест-систем

##### 3.8.1. Метод тестирования воды и водных вытяжек с применением тест-систем

В состав ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р» входят тест-системы — современные средства сигнального экспресс-контроля (рис. 14). Принцип действия



Рис. 14. Тест-системы производства ЗАО «Крисмас+» для сигнального экспресс-контроля воды и водных сред

тест-систем для контроля воды и водных растворов основан на впитывании раствора, содержащего компонент-загрязнитель, гидрофильной основой теста, в качестве которой используется специально подготовленная тканевая или бумажная основа, на которую нанесена аналитическая рецептура. Попавший на индикаторную полоску анализируемый компонент химически реагирует с находящейся на ней аналитической рецептурой с образованием окрашенных соединений. Возникающий индикационный эффект наблюдается визуально на тест-

полоске непосредственно («Активный хлор», «Хромат-тест») или через прозрачную полимерную пленку (остальные тест-системы производства ЗАО «Крисмас+»). По цвету и интенсивности окраски можно судить об уровне или значении концентрации анализируемого вещества в пробе. Определение с помощью тест-систем носит качественный либо полуколичественный характер, а сами тест-системы являются средствами сигнального контроля. Технические характеристики производимых ЗАО «Крисмас+» тест-систем из состава ранцевой лаборатории «НКВ-Р» приведены в табл. 11.

Время анализа с помощью тест-систем составляет не более 3–5 мин. Один комплект тест-систем позволяет выполнить до 100 и более анализов.

Тест-системы позволяют анализировать воду и водные растворы, а также различные водные среды (почвенные вытяжки, вытяжки из сыпучих материалов и т. п.). Тест-система «Нитрат-тест» позволяет тестировать не только воду, но и соки, овощи, фрукты, а также зелень, что позволяет оценивать качество указанных продуктов по содержанию в них нитратов.

### 3.8. Сигнальное определение с применением тест-систем

Таблица 11

Характеристики тест-систем из состава ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р»

№	Наименование тест-системы	Определяемый компонент	Диапазон определяемых концентраций, мг/л	Индикационный эффект
1	Активный хлор	Активный хлор в свободной и связанной формах (Cl <sub>2</sub> , гипохлориты, хлорамины и т. п.)	0-1,2-5-10-30-100	Синий
2	Железо (2)	Fe <sup>2+</sup>	0-3-30-300	Красный
3	Железо общее	Сумма Fe <sup>2+</sup> и Fe <sup>3+</sup>	0-20-50-100-1000	Желто-коричневый
4	Медь	Cu <sup>2+</sup>	0-5-30-300-1000	Желто-коричневый
5	Никель	Ni <sup>2+</sup>	0-10-100-1000	Розово-красный
6	Нитрат–тест	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0-10-50-200-1000	Розово-малиновый
7	Нитрит–тест	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0-1-3-30-3000	Розово-малиновый
8	Хромат–тест	Cr (VI) в составе CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	0-3-10-100-1000	Сиреневый
9	pH-тест	pH (водородный показатель)	2-3-4-5-6-7-8-9-10-11 ед. pH	От красного до темно-синего

Загрязненность (химический состав) почвы данным методом может оцениваться путем тестирования предварительно приготовленной почвенной вытяжки (водной, солевой).

Тест-системы, входящие в состав ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р», имеют открытые индикаторные полоски («Активный хлор», «Хромат-тест»), а также полоски с полимерной защитой рабочего участка с применением прозрачной пленки (остальные тест-системы).

Тест-системы с полимерной защитой рабочего участка представляют собой наиболее современные средства контроля. Основа тест-системы помещена между тонкими прозрачными полимерными пленками, что обеспечивает точную дозировку тестируемого раствора (впитывается строго необходимое,

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

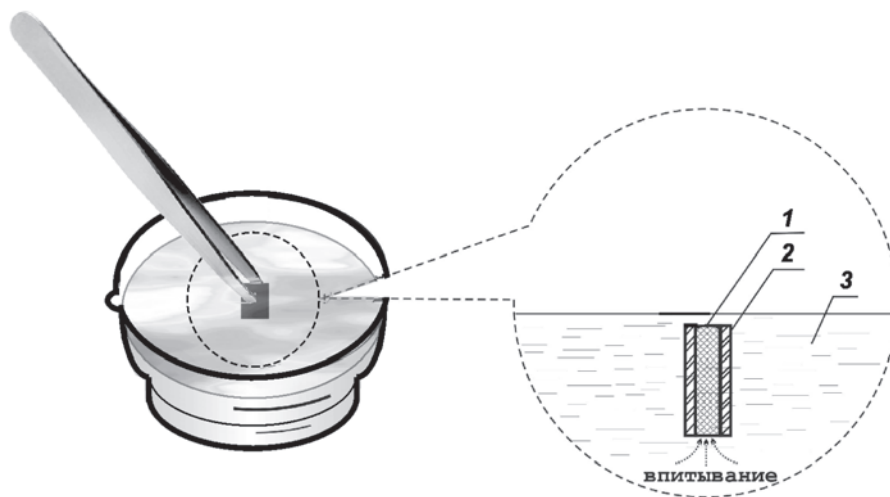


Рис. 15. Тест-система с полимерной защитой рабочего участка:  
1 — рабочий участок тест-полоски; 2 — защитное полимерное покрытие;  
3 — анализируемый раствор.

дозированное количество раствора, после чего наступает насыщение и впитывание прекращается). Принцип действия таких тест-систем показан на рис. 15.

Пленка создает барьер по отношению к воздействию как омывающего анализируемого раствора, так и факторов окружающей среды (кислорода воздуха, влажности), придавая тем самым ряд положительных качеств потребительской форме. Количество анализируемого компонента, попадающее на рабочий участок тест-полоски, можно выразить его массой или числом эквивалентов на единицу площади носителя.

#### 3.8.2. Выполнение анализа с применением тест-систем

Перед работой с тест-системами необходимо предварительно ознакомиться с краткими инструкциями по их применению, имеющимися на обложках. Порядок работы с некоторыми из них имеет свои особенности, подробно описанные в инструкциях. Ниже приведены типовые операции по применению тест-систем, входящих в состав ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р».

### 3.8. Сигнальное определение с применением тест-систем

#### 3.8.2.1. Выполнение анализа на примере тест-системы «Нитрат-тест» с полимерным покрытием тест-полоски

##### ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Тест-система «Нитрат-тест», ножницы, пинцет.

##### ВЫПОЛНЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ



- 1.** Достаньте индикаторную полоску из упаковки и отрежьте ножницами рабочий участок тест-полоски размером не менее  $5 \times 5$  мм.



Полимерное покрытие с тест-полоски снимать не следует. Допускается подготовить отрезки заранее, но не более чем за 1 час до использования.



- 2.** Ополосните анализируемой водой подходящую емкость для проб (склянку, чашку Петри и т. п.). Отберите в нее небольшое количество анализируемой воды (не менее 15–20 мл). В случае тестирования объекта подготовьте его к работе.



- 3.** Опустите рабочий участок тест-полоски в анализируемую пробу или тестируемый объект с помощью пинцета и выдержите его в пробе 5–10 с. (основа тест-полоски должна впитать анализируемый раствор). Затем извлеките смоченный участок тест-полоски из пробы.



Осевшие на тест-полоске взвешенные частицы могут быть механически удалены с поверхности прозрачного полимерного покрытия, если они мешают наблюдать индикаторный эффект.



3 мин.

- 4.** Выдержите смоченный участок тест-полоски на воздухе 3 мин. (для других тест-систем — в течение времени, указанного в инструкции).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Концентрация мг/г



#### 5.

Сравните окраску участка тест-полоски с цветными образцами индикационного эффекта на контрольной шкале и определите концентрацию анализируемого компонента в мг/л.

За результат анализа принимайте значение концентрации, соответствующее ближайшему по окраске образцу шкалы (при промежуточной окраске — интервалу значений концентраций).

#### 6.

Остаток неиспользованной индикаторной полоски поместите обратно в защитную упаковку тест-системы.

Обложки тест-систем имеют краткую инструкцию по выполнению анализа. На рис. 16 приведен внешний вид обложки тест-системы «Нитрат-тест» с краткой инструкцией, позволяющей проводить экспресс-анализ содержания нитратов в воде водоемов, почве, химических продуктах неизвестного происхождения, модельных загрязнениях, отвалах рассыпанных удобрений, а также в продуктах питания — питьевой воде, соках, зелени, овощах, фруктах.

Отрежьте рабочий участок индикаторной полоски (около 5×5 мм)	Смочите соком плода рабочий участок или опустите его в анализируемую воду на 5-10 с	Через 3 мин сравните окраску участка с образцами контрольной шкалы			
Подробнее о применении <b>Нитрат-теста</b> смотрите в тексте инструкции.					
<b>Контрольная шкала</b>					
Концентрация нитрат-ионов, мг/л (мг/кг)	0	10	50	200	1000
Окраска рабочего участка					
О допустимых уровнях содержания нитрат-ионов смотрите в инструкции.					
Нитрат-тест на _____ анализ					
ГОДЕН ДО _____		ПАРТИЯ № _____			

Рис. 16. Обложка тест-системы «Нитрат-тест» с краткой инструкцией

### 3.8. Сигнальное определение с применением тест-систем

#### 3.8.2.2. Выполнение анализа с применением тест-систем без полимерного покрытия

Применение тест-систем без полимерного покрытия индикаторной полоски в целом аналогично п. 3.8.2.1, однако имеет отличие: анализируемую воду или раствор пипеткой наносят на отрезок полоски тест-системы. Внешний вид обложки тест-системы «Активный хлор» с краткой инструкцией приведен на рис. 17. Аналогичен приведенному и порядок применения тест-системы «Хромат-тест».



Рис. 17. Обложка тест-системы «Активный хлор» с краткой инструкцией

#### 3.8.2.3. Применение тест-систем при анализе вытяжек из сухих объектов

Применение тест-систем при анализе вытяжек из сухих объектов (почвы, сыпучих продуктов неизвестного происхождения и т. п.) сводится к анализу их водных растворов или вытяжек. О приготовлении почвенных вытяжек см. п. 3.4. При подготовке почвы или другой сыпучей среды для тестирования следует обратить внимание на наличие загрязнений и включений. Именно эти видимые загрязнения и инородные, не свойственные почве включения, могут быть

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---

важнейшим объектом экспресс-анализа с применением тест-систем. Влажность почвы не имеет значения при сигнальном анализе.

Следует также учитывать, что концентрации анализируемых веществ в вытяжках из почвы и, в особенности, из сухих химических продуктов, могут значительно превышать диапазон анализируемых концентраций тест-систем. В этом случае полученный раствор потребует разбавить, а степень разбавления следует учесть при расчете содержания анализируемого вещества.

Результаты анализа вытяжек, приготовленных с известным соотношением вода-почва, позволяют определить ориентировочное значение концентрации контролируемого компонента ( $C_{\text{П}}$ , мг/кг) в почве или иной сухой среде. Расчет проводят по формуле:

$$C_{\text{П}} = C_{\text{В}} \times 5,$$

где  $C_{\text{В}}$  — значение концентрации анализируемого компонента в водной вытяжке, определенное с помощью тест-системы, мг/л;

5 — коэффициент, равный отношению объема воды в миллилитрах для приготовления вытяжки к массе сухого образца почвы или сыпучей среды в граммах, использованной для приготовления вытяжки (см. п. 3.4).

**Пример расчета.** Для приготовления вытяжки вещества из солесодержащего отвала неизвестного происхождения смешали 100 мл воды и 20 г сухого вещества отвала.

При тестировании вытяжки тест-системой «Нитрат-тест» обнаружены нитраты, причем окраска рабочего участка тест-полоски оказалась интенсивнее максимального образца «1000 мг/л» на контрольной шкале. Вытяжку разбавили в 50 раз (к 49 мл чистой воды пипеткой добавили 1 мл вытяжки). При тестировании разбавленной вытяжки окраска рабочего участка индикаторной полоски оказалась близка образцу «200 мг/л». Следовательно, концентрация нитратов в первоначальной вытяжке ориентировочно составляет:

$$200 \times 50 \cong 10000 \text{ мг/л.}$$

Ориентировочное содержание нитратов в солевом отвале составляет:

$$C_{\text{NO}_3^-} = 10000 \times 5 = 50000 \text{ мг/кг} = 50 \text{ г/кг} = 5 \% \text{ масс.}$$



### 3.9. Интегральная оценка качества воды при гидрохимических исследованиях

После выполнения всех определений обязательно внесите полученные результаты для каждой исследуемой пробы в журнал наблюдения (табл. 12). В ту же таблицу поместите и результаты всех гидрохимических анализов и сравните их с цифрами норматива качества из приложения 1.

Каждый из гидрохимических показателей в отдельности хотя и несет информацию о качестве воды, все же не может служить мерой ее качества, т. к. не позволяет судить о значениях других показателей, иногда бывая косвенно связанным с некоторыми из них.

В простейшем случае, при наличии результатов по нескольким оцениваемым показателям, может быть рассчитана сумма приведенных концентраций компонентов, т. е. отношение их фактических концентраций к ПДК (правило суммации). Критерием качества воды при использовании правила суммации является выполнение неравенства:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_{\phi i}}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где  $C_{\phi i}$  и  $\text{ПДК}_i$  — фактическая концентрация в воде и ПДК для  $i$ -го компонента.

При наличии результатов анализов по достаточному количеству показателей можно определять классы качества воды, которые являются интегральной характеристикой загрязненности поверхностных вод. Классы качества определяются по индексу загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений шести основных показателей качества воды по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{6},$$

где  $C_i$  — среднее значение определяемого показателя за период наблюдений (при гидрохимическом мониторинге это среднее значение за год);

$\text{ПДК}_i$  — предельно допустимая концентрация для данного загрязняющего вещества;

6 — число показателей, берущихся для расчета (на их выборе мы остановимся в этой же главе чуть ниже).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Таблица 12

Форма для внесения данных о показателях качества воды

Номер пробы, дата, время, место отбора \_\_\_\_\_

Характеристика	Единица измерения	Значение показателя в каждом определении (анализе)			
		1	2	3	среднее арифметическое
<b>Органолептические показатели</b>					
Температура	°С				
Цветность	словесное описание, градусы				
Мутность	словесное описание				
Прозрачность	см				
Запах Характер Интенсивность	словесное описание, баллы				
Внешний вид	словесное описание, баллы				
<b>Общие показатели</b>					
Водородный показатель	ед. рН				
Общая жесткость	°Ж				
Карбонаты	мг/л				
Гидрокарбонаты	мг/л				
Растворенный кислород	мг/л				
БПК	мг/л				
Нитраты	мг/л				
Аммоний	мг/л				
Ортофосфаты	мг/л				
Железо	мг/л				
Хлориды	мг/л				
Сульфаты	мг/л				

### 3.9. Интегральная оценка качества воды

Значение ИЗВ рассчитывают для каждого пункта отбора проб. Далее по табл. 13, в зависимости от значения ИЗВ, определяют класс качества воды.

Таблица 13

Характеристики интегральной оценки качества воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые
Более 0,2–1	II	Чистые
Более 1–2	III	Умеренно загрязненные
Более 2–4	IV	Загрязненные
Более 4–6	V	Грязные
Более 6–10	VI	Очень грязные
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные

В число шести основных, так называемых «лимитируемых» показателей, при расчете ИЗВ входит в обязательном порядке значение БПК<sub>5</sub>, а также значения еще пяти показателей, являющихся для данного водоема наиболее неблагоприятными либо имеющих наибольшие приведенные концентрации (отношение  $C_i/ПДК_i$ ). Такими показателями, по опыту гидрохимического мониторинга водоемов, нередко бывают следующие: содержание нитратов, нитритов, аммонийного азота, тяжелых металлов (меди, марганца, кадмия и др.), фенолов, пестицидов, нефтепродуктов, СПАВ.

Не все из перечисленных показателей качества воды могут быть определены с применением тест-комплектов, входящих в состав ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р». Такие показатели следует анализировать, предварительно подобрав требуемое оборудование — другие тест-комплекты производства ЗАО «Крисмас+» (см. приложение 3), либо использовать лабораторные методики и оборудование. Сведения о содержании химических загрязнений в данном месте данного водоема могут оказаться доступны в публикациях государственных организаций — центров Роспотребнадзора, природоохранных органов и т. п. Задачи интегральной оценки осложняются еще и тем обстоятельством, что для получения данных при расчете ИЗВ необходимо проводить анализ по широкому кругу показателей, с выделением из их числа тех, по которым наблюдаются наибольшие приведенные концентрации.

Таким образом, задачи интегральной оценки качества воды в водоеме практически совпадают с задачами гидрохимического мониторинга, т. к. для окончательного вывода о классе качества воды необходимы результаты анализов по целому ряду показателей в течение продолжительного периода.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

#### 3.10. Ранцевая полевая лаборатория исследования водоемов «НКВ-Р» и ее модификации



Ранцевая полевая лаборатория исследования водоемов «НКВ-Р» является вариантом известной полевой комплектной лаборатории «НКВ», выполненной в современном удобно носимом ранце, специально для применения в экспедиционных условиях. Лаборатория дополнена модулем для гидробиологических исследований водоемов.

«НКВ-Р» и ее модификации защищены патентом РФ № 96342.

Лаборатория предназначена для практической оценки экологического состояния водных объектов и почвы путем определения показателей качества воды и химического состава почвенных вытяжек, а также гидробиологических показателей непосредственно в полевых условиях. «НКВ-Р» обеспечивает выполнение исследований по широкому кругу актуальных показателей при определении показателей качества воды, оценке экологического состояния водоемов и почвы.

Лаборатория «НКВ-Р» сформирована по модульному принципу. Каждый модуль позволяет проводить измерения по одному показателю либо группе однородных показателей, имея в составе все необходимое для работы, включая готовые к применению растворы для химического анализа.

«НКВ-Р» многофункциональна и может использоваться как в полевых, так и в стационарных условиях по таким направлениям, как:

- изучение и определение гидрохимических и гидробиологических показателей качества воды;
- оценка показателей техногенных химических факторов загрязнения водоемов и почв;
- изучение экологически актуальных химических параметров состояния окружающей среды, обуславливающих наличие опасных и вредных факторов жизнедеятельности;
- изучение параметров, позволяющих контролировать эффективность технологических процессов и аппаратов (устройств) очистки сточных вод и др.



### 3.10. Ранцевая полевая лаборатория «НКВ-Р» и ее модификации

---

Конструктивно ранец-укладка лаборатории выполнен с учетом особенностей полевых работ:

- откидывающаяся передняя панель образует столик, открывающий доступ к находящимся в ячейках модулям, причем каждый модуль может выниматься и использоваться самостоятельно;
- благодаря применению надежных материалов, элементов жесткости и специальных прокладок содержимое ранца защищено от механических повреждений;
- ранец выполнен в водозащищенном исполнении (защита от дождя, снега, но не от погружения в воду);
- имеются отделения для укладки письменных принадлежностей, руководства, методической документации, мелкого экспедиционного снаряжения, небольшие отсеки для личных вещей;
- анатомичная конструкция спины ранца, удобные лямки, наличие поясного ремня и грудной стяжки снижают нагрузку на позвоночник, обеспечивают удобную и безопасную переноску лаборатории;
- конструкция ранца позволяет использовать типовое дополнительное снаряжение — наружные навесные элементы для крупных и мелких предметов снаряжения, крепящиеся к поясу, лячкам, основному корпусу ранца, а также чехол — защиту от сильного дождя.

#### Методы определения показателей качества воды

Характеристики образцов воды определяются непосредственно в отобранных пробах визуальным, органолептическим, визуально-колориметрическим, титриметрическим (методом объемного титрования), турбидиметрическим и расчетными методами. Характеристики почвенных вытяжек (водных, солевых) определяются путем их анализа с помощью методов, используемых для анализа соответствующих компонентов в воде.

Методы гидрохимического анализа, реализованные в лабораториях «НКВ-Р», являются унифицированными и соответствуют разработанным ЗАО «Крисмас+» методикам выполнения измерений, согласующимся с действующими нормативными документами. Это достигается:

- применением визуально-колориметрического определения на завершающем этапе определения вместо (либо в дополнение) к фотометрическому;
- применением аналитических растворов модифицированного состава для упрощенной и ускоренной их дозировки;
- применением портативных средств дозировки растворов и проб.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Окрашенные пробы, образующиеся в ходе анализа некоторых проб, колориметрируются визуально с применением водозащищенных пленочных окрашенных шкал. Возможно фотоколориметрирование окрашенных проб с применением портативного полевого либо лабораторного фотоколориметра.

Точность анализа, выполняемого с применением титриметрических методик, сопоставима с точностью лабораторных методик выполнения измерений (относительная погрешность до  $\pm 25\%$ ). Точность анализа, выполняемого с применением колориметрических методик, зависит от способа регистрации интенсивности окраски пробы:

- при использовании цветовой контрольной шкалы, т. е. при визуально-колориметрическом определении, анализ полуколичественный (относительная погрешность  $\pm 70\%$  и более);
- при фотоколориметрировании пробы с применением фотоколориметра типа «Экотест-2020» или аналогичного, анализ количественный (относительная погрешность до  $\pm 30\%$ ).

При использовании титриметрических и фотоколориметрических (с применением фотоколориметра) методик определение показателей качества воды осуществляется в полном объеме задач количественного химического анализа.

«НКВ-Р» поставляется в трех модификациях (табл. 14).

Таблица 14

Характеристики модификаций ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р»

№ заказа	Модификация	Полный вес, кг, не более	Объем ранца, л	Размеры ранцевой укладки, мм	Количество ячеек/мест в укладке
3.130	НКВ-Р (большой ранец)	17	70	400×200×1200	12
3.130.1	НКВ-Р, с набором-укладкой для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К»	20	70	400×200×1200 (ранец) 420×240×190 (набор-укладка для фотоколориметрирования)	13
3.130.2	НКВ-Рм (малый ранец)	7	20	400×200×550	8

Определяемые показатели и состав ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р» приведены в табл. 15.

### 3.10. Ранцевая полевая лаборатория «НКВ-Р» и ее модификации

Таблица 15

**Перечень определяемых показателей и состав лаборатории «НКВ-Р»**  
 Сокращения в таблице: ВК — визуально-колориметрический, ТМ — титриметрический,  
 ФМ — фотоколориметрический.

Определяемые показатели	Наименование модуля	Диапазон измерений (метод)	Модификация	
			НКВ-Р	НКВ-Рм
<b>Гидрохимические показатели</b>				
Аммоний	Тест-комплект «Аммоний»	0–1,0–2,6–5,0–7,0 мг/л (ВК)	+	+
		0,2–4,0 мг/л (ФК)	+*	–
Железо общее	Тест-комплект «Железо»	0–0,1–0,3–0,7–1,0–1,5 мг/л (ВК)	+	+
		0,05–2,0 мг/л (ФК)	+*	–
Карбонаты, гидрокарбонаты, щелочность	Тест-комплект «Карбонаты, щелочность»	30–1200 мг/л (ТМ)	+	+
Нитраты	Тест-комплект «Нитраты»	0–1,0–5,0–10–20–45 мг/л (ВК)	+	–
		0,5–5,0 мг/л (ФК)	+*	–
Общая жесткость	Тест-комплект «ОЖ-1»	0,5–10 °Ж (ммоль/л эквивалента) (ТМ)	+	+
Ортофосфаты	Тест-комплект «Ортофосфаты»	0,2–7,0 мг/л (ВК)	+	–
		0,1–3,5 мг/л (ФК)	+*	–
Растворенный кислород и БПК	Тест-комплект «Растворенный кислород-БПК»	1,0–14 мг/л (ТМ)	+	–
рН	Тест-комплект «рН»	4,5–11 ед. рН (ВК)	+	–
Сульфаты	Тест-комплект «Сульфаты»	30–300 мг/л (ТМ)	+	+
Хлориды	Тест-комплект «Хлориды»	4–1200 мг/л (ТМ)	+	+
<b>Органолептические показатели</b>				
Мутность (прозрачность)	Тест-комплект «Мутность»	60–1 см (по шрифту)	+	+
Цветность	Тест-комплект «Цветность»	0–30–100–300–1000 град. цветности (ВК)	+	+
		20–200 град. цветности (ФК)	+*	–

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Окончание табл. 15

Определяемые показатели	Наименование модуля	Диапазон измерений (метод)	Модификация	
			НКВ-Р	НКВ-Рм
<b>Комплект тест-систем для экспресс-анализа воды</b>				
Показатели загрязненности природных и почвенных вод (сигнальный контроль тест-системами): активный хлор; железо (2); железо общее; кислотнo-основные загрязнения (рН); медь; никель; нитраты; нитриты; хром VI			+	+
<b>Гидробиологические показатели</b>				
Биотический индекс Вудивисса	Гидробиологический набор: Сачок специальный для отлова гидробионтов (ячейка 300 мкм); баночки на 100 мл (5 шт.); спирт этиловый во флаконе (250 мл); стакан пластм. на 50 мл (3 шт.); пипетки пластм. на 3 мл (5 шт.); чашки Петри d = 6 см (10 шт.); набор пинцетов (3 шт.); кюветы белые (2 шт.); лупы x2–4 (3 шт.); флаконы пеницилл. с пробками на 20 мл (10 шт.)	+	–	
<b>Принадлежности</b>				
Стакан п/п на 100 мл – 3 шт.; воронка (d = 5 см) – 3 шт.; фильтры «белая лента» (d = 9 см) – 1 уп.; штатив на 10 проб. – 2 шт.; термометр (0 – +50 °С); ножницы – 1 шт., поднос – 1 шт., очки защитные – 1 шт., перчатки защитные – 5 пар, сито для отбора гидробионтов (ячейка 0,3–1,5 мм) – 1 шт.			+	+
<b>Документация</b>				
Руководство по применению с методиками анализа, паспорта на лабораторию и на тест-комплекты, сертификаты, сборник методик выполнения измерений (при поставке с «Набором-укладкой для фотоколориметрирования “Экотест-2020-К”»)			+	+

**Примечание:** \* Данная характеристика обеспечивается применением тест-комплекта совместно с набором-укладкой «Экотест-2020-К» (модификация 3.130.1, табл. 14).

«НКВ-Р» не подлежит обязательной сертификации в системе ГОСТ Р.

#### Технические данные

Производительность по расходным материалам всех модулей — на 100 анализов по каждому определяемому показателю.

Продолжительность определения оцениваемого гидрохимического показателя — от 1 мин. до 20 мин.

Технические данные на входящие в состав лаборатории «НКВ-Р» модули приведены в прилагаемой сопроводительной документации.

Сроки годности «НКВ-Р» — 1 год при соблюдении условий и сроков хранения растворов и реактивов.



### 3.11. Набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К»

---

Дополнительно к базовой комплектации для анализов по заказу поставляются (см. приложение 3):

- комплект расходных материалов (готовых реактивов, индикаторов, аналитических растворов);
- комплект-лаборатория «Фосфор» (определение фосфора в разных формах);
- мини-экспресс-лаборатория «Пчелка-У» (экспресс-оценка загрязненности воздушной среды и водных растворов, моделирование загрязнений);
- набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К»;
- портативные приборы контроля важнейших параметров воды (рН-метр, кондуктометр и др.).

Учителям, педагогам, методистам предлагаем познакомиться с ресурсом библиотеки методических материалов преподавателя на интернет-сайте ЗАО «Крисмас+»:

<http://www.christmas-plus.ru>, <http://крисмас.пф>, <http://u-center.info/libraryteacher>.

### 3.11. Набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К»

Выполнена на основе микропроцессорного фотоколориметра-концентраметра «Экотест-2020» (номер в государственном реестре средств измерений 31761-06)

Набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К» (рис. 18) поставляется в следующей комплектации: фотоколориметр «Экотест-2020», блок питания БПС 6-0,35, кюветы акриловые (4 шт.) и стеклянные (2 шт.), коммуникационный кабель RS-232 (для подключения прибора к ПК), комплект салфеток (1 уп.), компакт-диск с программным обеспечением и справочными материалами, контейнер водостойкий с ложементом, крышка кюветного блока, склянки мерные с меткой «10 мл» и пробкой (7 шт.), элементы типа R6 (4 шт.), руководство по эксплуатации фотоколориметра, сборник МВИ, паспорт с описью комплектности.

Набор-укладка «Экотест-2020-К» предназначен для количественного анализа вод на содержание примесей, определяемых колориметрическими методами с использованием тест-комплектов и полевых лабораторий производства ЗАО «Крисмас+», а также для измерения коэффициента пропускания и

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

---



Рис. 18. Набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К»  
а — набор-укладка в открытом виде; б — фотоколориметр «Экотест-2020».

оптической плотности любых окрашенных растворов. Может использоваться при эколого-аналитических измерениях, технологическом контроле, экспресс-анализе в чрезвычайных ситуациях и т. п.

Прибор запрограммирован под унифицированные МВИ на основе тест-комплектов и полевых лабораторий производства ЗАО «Крисмас+». В память прибора внесены коэффициенты градуировочных характеристик определяемых компонентов. Концентрация определяемого вещества рассчитывается автоматически и выводится на дисплей фотоколориметра. Характеристики при фотоколориметрическом анализе с использованием тест-комплектов и полевых лабораторий проведены в табл. 16.

#### Технические характеристики фотоколориметра «Экотест-2020»

- Масса, кг — не более 0,6.
- Габаритные размеры, мм — не более 230 × 120 × 50.
- Длина волн светодиодов, нм — 400, 430, 470, 502, 525, 620, 660, 850.
- Диапазон измерений коэффициента пропускания, Т% — 1–100.
- Диапазон измерений оптической плотности, D 0–2.
- Погрешность при измерении коэффициента пропускания — не более 2%.
- Длина оптического пути — не более 10 мм.

### 3.11. Набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К»

Таблица 16

#### Характеристики при фотоколориметрическом анализе

Анализируемый компонент (в воде)	Диапазон измерений, мг/л	Объем пробы, мл	Длина волны, нм	ПДК <sub>хлн</sub> , мг/л
Алюминий	0,05–1,0	10	525	0,5
Аммоний	0,2–4,0	5	430	2,6
Гидразин	0,05–1,0	10	430	0,01
Железо общее	0,05–2,0	10	502	0,3
Нитрат	0,5–5,0	6	525	45
Нитрит	0,02–0,6	5	525	3,3
ПАВ-А (анионоакт.)	0,1–1,0	10	620	0,5
Фенолы (фенольный индекс)	0,002–0,05	250	470	0,25
Формальдегид	0,03–0,4	10	525	0,05
Фосфат	0,1–3,5	10	660	3,5
Цветность	20–200 град. цветности	5	400	—

#### Достоинства набора-укладки «Экотест-2020-К»

- Выполнена специально в максимально удобном виде для применения как в полевых, так и в лабораторных условиях.
- Простота выполнения анализов.
- Автоматический расчет значений концентраций, пропускания и оптической плотности при работе в режиме концентромера.
- Минимальная стоимость по сравнению с существующими аналогичными концентромерами.
- Универсальность — возможность анализа, наряду с запрограммированными МВИ, по любым фотоколориметрическим аттестованным МВИ (ПНД Ф..., РД 52. ... и т. п.).
- Подключение к компьютеру для обработки результатов и составления отчетов.
- Компактные размеры и небольшой вес.

**Использование тест-комплектов и полевых лабораторий совместно с набором-укладкой «Экотест-2020-К» позволяет выполнять определения в полном объеме задач количественного химического анализа.**

### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ

#### 4.1. Биоиндикация и биотестирование

Для того чтобы надежно оценить качество воды водных объектов (озер, ручьев, рек и т. п.), требуются различные данные о свойствах изучаемого водного объекта. Одним из источников таких данных является биоиндикация, использующая методы, позволяющие получать данные об экологическом состоянии природной среды (в наших исследованиях — водных объектов) на основе наблюдений за составом и численностью индикаторных видов.

Биоиндикация — оценка состояния водоемов по их населению, — возможно, более адекватный метод оценки окружающей среды, чем другие методы индикации. Кроме того, зачастую методы биоиндикации более просты в применении и менее затратны. При этом нужно понимать, что состояние населения водоемов может зависеть не только от загрязнения. Например, обилие ила в стоячем водоеме снижает количество растворенного в воде кислорода, и обитать там могут лишь немногие виды беспозвоночных, и такая ситуация близка к состоянию населения загрязненного водоема.

Систематическое применение методов биоиндикации представляет собой биомониторинг — слежение за состоянием сообществ живых организмов и их реакциями на изменение условий окружающей среды. Биомониторинг применяется для того, чтобы оценить экологическое состояние природного объекта (реки, ручья, водоема), позволяет обнаружить нарушения сообществ гидробионтов и оценить их серьезность. Если удастся выявить какие-либо нарушения, то с привлечением дополнительных данных, получаемых при гидрохимических исследованиях, обследованиях русла реки, ее берегов и водосбора, возможно определить причины этого явления и наметить соответствующие меры для смягчения ситуации. Биомониторинг является также важным средством контроля эффективности мероприятий по восстановлению водного объекта.

Биомониторинг, включающий наблюдение за выделенными параметрами во времени, — более адекватная (но и более трудоемкая!) оценка состояния водоемов. Мониторинг хорош уже тем, что, вновь возвращаясь и наблюдая за населением водных объектов, исследователи могут уточнить собственные пред-

#### 4.1. Биоиндикация и биотестирование

---

ставления о состоянии и ходе развития водоема и прогнозировать дальнейшие изменения.

Биологический мониторинг обладает несколькими преимуществами с другими формами проведения слежения за экологическим состоянием рек:

- биологические сообщества отражают целостность экосистемы, которая включает также химические и физические факторы;
- биологические сообщества интегрируют эффекты негативных воздействий;
- биологические сообщества интегрируют в себе действия различных факторов в течение длительного времени и, таким образом, свидетельствуют о долговременной ситуации в водоеме;
- проведение биологического мониторинга не требует особых финансовых затрат по сравнению с химическими и токсикологическими анализами;
- часто слежение за биологическими сообществами может быть единственным средством оценки деградации природной среды, особенно если источник загрязнения является рассеянным и не имеет точной локализации.

Методы биологического мониторинга обычно включают в себя анализ сообществ перифитона, донных беспозвоночных и рыб, которые в равной мере дают информацию об экологическом состоянии реки или ручья. Вместе с тем, в рамках проведения общественного экологического мониторинга, мы рекомендуем проводить биологическую индикацию, основываясь на изучении донной фауны, т. к. этот метод имеет ряд преимуществ:

- поскольку большинство донных животных довольно тесно связаны с донным субстратом и их миграции сравнительно недалеко, они являются хорошими индикаторами локальных условий;
- донные беспозвоночные интегрируют влияние краткосрочных изменений факторов среды. Большинство видов имеют долгий жизненный цикл (один год и более), в течение которого развиваются различные возрастные стадии, причем наиболее чувствительные стадии будут реагировать на стресс очень быстро, но сообщество в целом будет откликаться на воздействие более медленно;
- в то время как макробеспозвоночные могут быть сравнительно легко определены до семейства, многие чувствительные к загрязнению группы (индикаторные) могут быть с легкостью определены и до родов, и даже до видов;
- сообщества донных беспозвоночных включают в себя различные виды, которые представляют широкий спектр трофических уровней и устой-

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

чивости к загрязнению. Это позволяет по составу сообщества судить о совокупном воздействии загрязнителей;

- сбор проб относительно легок, оборудование для их обработки и анализа довольно просто и дешево при минимальном ущербе, наносимом биологическим сообществам;
- сообщества донных беспозвоночных обильны практически во всех ручьях.

При работе с детскими коллективами иногда приходится сталкиваться с мнением о сложности методов биоиндикации. Необходимо отметить, что все приведенные в данном пособии методики неоднократно применялись в практической исследовательской работе детских коллективов Эколого-биологического центра «Крестовский остров» Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных. Их использование на городских водоемах, а также во время экспедиций в охраняемые природные территории страны показало не только возможность освоения данных методик школьниками средних и старших классов, но и ощутимый педагогический эффект от их применения.

### 4.2. Методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных

#### 4.2.1. Общие сведения

Организмы зообентоса занимают в водоеме, как правило, два местообитания: грунт и растительность. Поэтому методы сбора организмов, обитающих в разных биотопах, различаются.

Для того чтобы оценить состояние гидробионтов в природной среде, используются стандартные экологические показатели их обилия в водоеме: видовой состав, плотность (количество экземпляров на единицу площади или объема среды) и биомасса (совокупная масса экземпляров на единицу площади или объема среды) индикаторных видов. Видовой состав и обилие индикаторных (да и вообще любых) видов в водоеме является его биологической характеристикой. Получение этих характеристик для водоема целиком — сложная задача. Чаще всего используют так называемый выборочный метод, когда по сравнительно небольшому числу повторностей (в нашем случае — проб грунта) получают усредненные показатели для водоема в целом. Важно понимать, что адекватность такой экстраполяции зависит, во-первых, от случайности от-

#### 4.2. Методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных

---

бора проб (рандомизованности) и, во-вторых, от количества отобранных проб. Следует принимать во внимание и выравненность исследуемой среды относительно обилия обитающих в ней гидробионтов. Таким образом, оценка достаточного количества проб — задача творческая, и должна решаться исследователями самостоятельно. Однако в помощь начинающим исследователям ниже размещены некоторые рекомендации по методам отбора и количеству отобранных проб в разных типах проточных водоемов.

Методы учета организмов в гидробиологии принято делить на *качественные* и *количественные*. Первые учитывают лишь наличие или отсутствие определенной категории организмов в среде. С помощью качественных методов, к примеру, можно оценить видовой состав гидробионтов в водоеме. Количественное исследование дает представление об обилии населяющих водоем видов. Главное отличие, которое сопряжено с выбором типов орудий лова, заключается в том, что качественный метод не дает возможности оценить, с какой площади или из какого объема среды была взята проба. К качественным орудиям лова можно отнести гидробиологические сачки, драги, сбор гидробионтов вручную с погруженных коряг и т. п. Количественные орудия лова — это дночерпатели, штемпель-пипетки, специальные рамки, ограничивающие определенный объем грунта и пр.

Выбор метода отбора проб донных беспозвоночных зависит в значительной мере от типа водотока, который предстоит исследовать.

Для отбора проб беспозвоночных, обитающих в реках и ручьях, имеющих заметное течение (с каменистым дном), используется метод, предполагающий перенос гидробионтов течением и их сбор на сетку. Данный метод получил широчайшее распространение как среди российских исследователей, так и за рубежом (скандинавские страны, США, Австралия), где метод получил название *kick-sampling* (от английского *kick* — удар ногой, пинок). Для того, чтобы взять пробу зообентоса этим методом, один или несколько исследователей встают на дно ручья или неглубокой реки лицом вниз по течению, и, энергично потопывая ногами, взмучивают под собой грунт. Ниже на несколько метров по течению располагаются также один или несколько исследователей, у которых другая задача — уловить переносимые течением массы взмученной воды, содержащие донных животных, на специальную гидробиологическую сеть (описание приведено в п. 4.2.4.2, см. также рис. 19). Такая сеть располагается исследователями поперек течения и удерживается в течение нескольких минут. Ширина сети (1 м и более) выбирается в соответствии с шириной течения таким образом, чтобы максимально собрать переносимый водой материал. Применяя этот метод, следует также собирать крупные камни со дна и счищать щеткой всех беспозвоночных животных, ко-

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ



Рис. 19.  
Взятие пробы бентоса  
в ручье с каменистым  
дном с использовани-  
ем гидробиологиче-  
ской сети  
(фото с сайта [http://  
www.fairfaxcounty.gov/](http://www.fairfaxcounty.gov/)

торые к ним прикрепляются. Вместо специальной сети можно использовать и гидробиологический сачок (рис. 20), однако сбор гидробионтов в таком случае окажется гораздо менее эффективным. Но при исследованиях слабопроточных (непроточных) водоемов пробы следует отбирать именно с использованием гидробиологического сачка, позволяющего собирать донных беспозвоночных с различных участков дна и водных объектов при практическом отсутствии течения (рис. 21).

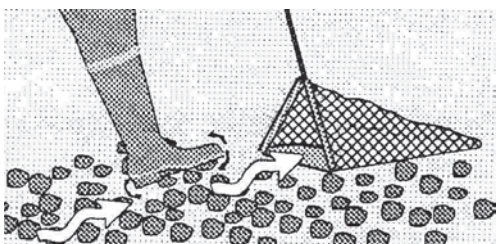


Рис. 20.  
Взятие пробы бентоса с использо-  
ванием гидробиологического сачка  
при наличии заметного течения



Рис. 21.  
Взятие пробы бентоса с использовани-  
ем гидробиологического сачка в сла-  
бопроточных и непроточных водоемах



#### 4.2.2. Отбор проб в ручье с каменистым дном

Ручей с каменистым дном мы определяем как ручей, малая река или участок более крупной реки, где дно выложено галькой, булыжником и валунами в различных комбинациях. В таких водотоках обязательно будут присутствовать перекаты и пороги — участки, являющиеся прекрасным местом для обитания донных беспозвоночных, где вода насыщена кислородом.

Для получения достоверной оценки состояния ручья в каком-либо пункте, следует собрать по три пробы в каждом из них, а затем смешать их вместе, чтобы получить одну большую пробу. Каждый пункт, который предстоит обследовать, представляет собой примерно 100-метровый участок ручья, на котором могут присутствовать перекаты, пороги, зоны с галькой или булыжниками. Первая проба должна быть взята ниже по течению второй, вторая – третьей. Для сбора донных беспозвоночных в таких ручьях используют специальные гидробиологические сетки с ячейей 0,5–1,0 мм и площадью примерно в 1 м<sup>2</sup> или меньшего размера, прикрепленные к нескольким черенкам длиной 0,7–1 м (характеристики специальной гидробиологической сети приведены в п. 4.2.4.2). Такую сеть надо поставить на дно ручья, тщательно прижав ее нижнюю часть и наклонив примерно на 45° к поверхности воды, ниже по течению того участка, который предполагается обследовать (рис. 19, 22). Помощники (один или несколько) намечают участок дна площадью примерно 1 м<sup>2</sup>, чтобы тщательно «перемешать» его ногами в течение трех минут. При этом донные беспозвоночные отрываются от дна и течением приносятся на сетку, где и задерживаются. Для полноты учета беспозвоночных нужно собрать в обследуемой зоне несколько крупных камней и тщательно смыть или счистить с них щеткой прикрепленных животных в ведро, наполненное водой. После того, как отбор пробы закончен, надо осторожно вынуть сеть из ручья, свернуть ее в виде цилиндра и поставить вертикально в ведро, частично заполненное водой. Затем смыть водой всех беспозвоночных, застрявших на сетке, в ведро. Таким же образом отбираются вторая и третья пробы и помещаются в то же ведро. По завершении процедуры отбора проб содержимое ведра следует процедить через ту же сетку или специальное компактное сито, чтобы сконцентрировать отловленных животных.



Рис. 22.  
Взятие проб бентоса в ручье  
с каменистым дном (схема)

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

##### 4.2.3. Отбор проб в слабопроточном водоеме с илистым дном

В ручьях, в которых отсутствуют пороги, а дно покрыто илом или песком, течение воды обычно замедленное либо почти отсутствует. Такие водоемы называются слабопроточными. В них беспозвоночные прикрепляются к растениям, бревнам и поселяются в тех местообитаниях, где концентрируется органический материал.

Обычно можно выделить четыре местообитания.

- *Заросшие края берегов.* Этот биотоп состоит из воздушно-водных растений, таких как тростник, рогоз, камыш и т. д., растущих вдоль берегов, и их корневой системы. По краю берегов в воде может также находиться полуразложившийся лиственный опад. Такой биотоп является высоко продуктивным, в нем обычно развивается обильная и разнообразная фауна.
- *Коряги и бревна.* Это местообитание состоит из лежащих в воде древесных остатков — упавших деревьев, веток, корней, между которыми накапливаются опавшие листья. Это биотоп также является весьма продуктивным.
- *Заросли водной погруженной и плавающей растительности* и разлагающееся органическое вещество. Этот биотоп может быть столь же продуктивным, как и первые два.
- *Дно ручья,* которое может быть покрыто илом, песком или гравием. На дне могут также находиться крупные камни, обросшие водорослями. Из всех четырех биотопов, возможных в ручье с илистым дном, этот является наименее продуктивным.

Для отбора проб зообентоса в слабопроточных водоемах применяется несколько иной метод. В ручьях с илистым дном так же нужно обследовать наиболее продуктивные участки, чтобы получить максимально полное представление о составе донной фауны. К таким участкам относятся растительность вдоль берегов, заросшие заводи, коряги и бревна и субстрат с илом, песком или галькой. Пробы донных беспозвоночных отбираются сачком гидробиологическим специальным «СГС» из состава ранцевой лаборатории (см. п. 4.2.4.1). Для того, чтобы сборы были репрезентативными, т. е. в полной мере отражали видовое богатство и обилие животных, следует произвести примерно 20 движений («укосов») сачком. Обловы следует произвести по возможности во всех наиболее продуктивных зонах (рис. 23).

#### 4.2. Методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных

---



Рис. 23. Работа по отлову донных беспозвоночных в слабопроточном водоеме

Лучше всего отбор проб беспозвоночных производить в наиболее продуктивных местообитаниях. Это позволит быть уверенным, что ваши сборы в полной мере отражают разнообразие живущих в ручье организмов. Далекo не во всяком ручье присутствуют все из возможных типов местообитаний (биотопов) или они могут быть выражены не очень отчетливо.

После отбора следует объединить (концентрировать) пробы аналогично тому, как было описано в п. 4.2.2.

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

### 4.2.4. Специальное оборудование для отлова водных беспозвоночных из состава лаборатории «НКВ-Р»

#### 4.2.4.1. Сачок специальный гидробиологический «ССГ»

Сачок специальный гидробиологический «ССГ» предназначен для отлова гидробионтов (планктона и бентоса) при гидробиологических исследованиях водоемов. Рекомендован к широкому применению в профессиональной и учебной деятельности при определении гидробиологических индексов (Вуддвиса, Скотта и Майера) в различных пресноводных водных объектах.

Конструкция сачка (рис. 24) позволяет работать как в толще воды, так и вблизи дна, у зарослей водной растительности, у камней (согласно рекомендациям, приведенным в методиках).

Поставляется самостоятельно, а также входит в состав ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р» и набора для гидробиологических исследований, производимых ЗАО «Крисмас+».

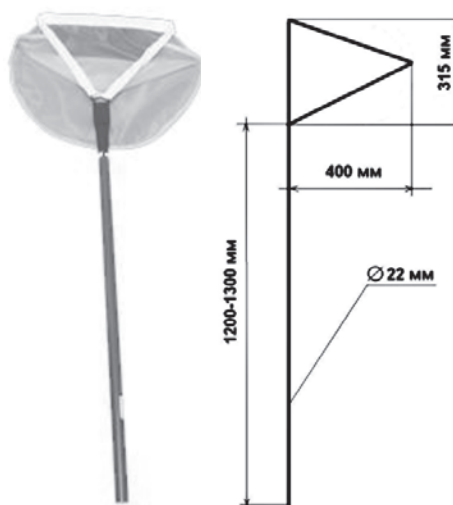


Рис. 24. Сачок специальный гидробиологический «ССГ»

#### Применение сачка

- при исследовании водотока сачок удерживайте против течения;
- при отлове планктона в непроточных водоемах в толще воды производите движения, похожие на движения косы при кошени травы;
- при отборе пробы бентоса производите сачком снятие ила и верхней части грунта.

**Технические данные.** Сачок состоит из черенка, металлического каркаса треугольной формы и сетки. Сетка сачка изготовлена из специального водостойчивого материала — ткани для полиамидных сит с диаметром

#### 4.2. Методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных

ячейки 0,3–1,0 мм. Благодаря такому размеру ячейки при отборе проб внутри удерживаются гидробионты, важные при определении индексов Вудд-виза, Скотта и Майера, а также планктонные организмы.

Сетка сачка крепится на каркасе, который фиксируется на пластмассовом черенке. Место крепления сетки к каркасу прошито полоской плотной ткани, благодаря чему повышается прочность и продлевается срок службы изделия. Размеры сачка и отдельных его частей приведены на рис. 24. Материал сачка механически прочен, благодаря чему сеткой можно вынимать со дна водоема камешки, листья, корни и иные предметы небольшого размера, при этом исключается потеря организмов, обитающих на них.

Срок годности сачка — не менее 5 лет. Материал сетки сачка в естественных условиях практически не подвержен гниению.

##### 4.2.4.2. Сеть гидробиологическая

Сеть гидробиологическая (рис. 25) предназначена специально для отлова бентосных организмов при гидробиологических исследованиях в водотоках с выраженным течением и с каменистым руслом — ручьях, малых реках, участках более крупных рек, где дно выложено галькой, булыжником и валунами в различных комбинациях, а также на плесовых участках с песчаным дном.

Имеет размер ячейки (0,7–1,0 мм), позволяющий отлавливать практически весь спектр донных беспозвоночных, и не испытывает повышенной нагрузки, передаваемой обычно течением на мелкоячеистую сеть.

Наличие трех соединенных элементов сети позволяет проводить отлов на участках с шириной водотока до 3 м при глубине до 40 см, при этом сеть может удерживаться и управляться несколькими исследователями равномерно по

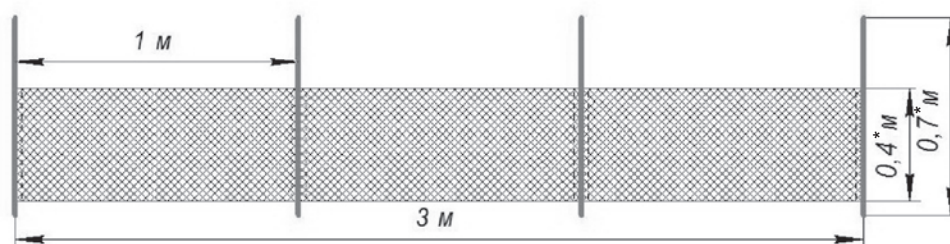


Рис. 25. Сеть гидробиологическая  
(\* — размеры приведены ориентировочно)

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

всей длине, в четырех местах. Уменьшение ширины сети осуществляется путем наматывания излишнего материала сетки на черенки.

Для работы с сетью необходимо не менее двух исследователей. Сеть располагается так, чтобы ее центральная часть была ориентирована перпендикулярно течению, а боковые крылья были направлены под небольшим углом навстречу течению. Если донный грунт позволяет, то черенки сети втыкаются в него. Если грунт плотный, то черенки (по крайней мере, два центральных) упираются в грунт и удерживаются в вертикальном положении вручную (рис. 26). При этом полотно сети должно нижним краем, по возможности, плотно прилегать ко дну, а верхним — выступать над поверхностью водотока. Силой течения сеть под водой может надуваться как парус — это позволит с большей надежностью удержать в ней водных беспозвоночных.

После установки сети один или несколько участников отлова ногами взмучивают донный грунт в 1–3 метрах выше по течению. Камни и галька переворачиваются, песок и ил поднимаются и смешиваются с текущей водой. Визуально можно контролировать, чтобы поднятая муть не оседала на дно перед сетью, а сносила течением непосредственно в орудие лова.



Рис. 26. Установка гидробиологической сети  
(фото Ю. Зайцевой)

#### 4.2. Методы отбора и обработки проб донных беспозвоночных животных

Дополнительно можно поднять к поверхности и протереть щеткой (годятся старые зубные щетки) крупные камни и коряги. В холодной воде или в воде с возможным высоким уровнем загрязнения необходимо работать в резиновых перчатках.

Затем все исследователи, держа за черенки, аккуратно вынимают сеть из воды и сразу же придают ей горизонтальное положение — так, чтобы вода могла стечь, а пойманные организмы и неизбежный при таком способе отлова детрит остались бы на сетке. Сохраняя сеть в растянутом положении, ее выносят на берег и поочередно промывают секции в тазу с водой, выбирая пинцетами из полотна сети запутавшихся в ней животных (рис. 27).

Дальнейшую обработку пробы проводят по приведенной ниже методике (п. 4.2.5) или аналогичной.

Материал сети не подвержен гниению. Изделие сборное и комплектное. Приведение сети в рабочее состояние легко и быстро производится путем сочленения составных частей непосредственно у водоема.

Состав изделия: сетка, черенки деревянные или металлические (4 шт.), чехол.

Срок годности сети гидробиологической — не менее 5 лет.

О применении сети гидробиологической см. также в п. 4.2.2.



Рис. 27. Сбор пойманных беспозвоночных с полотна сети (фото Л. Ивановой)

#### 4.2.5. Методы первичной обработки проб

Независимо от того, каким из орудий лова были собраны пробы бентоса, процедура их первичной обработки одинакова и включает следующие операции.

1. Пробу осторожно извлекают из сачка (сетки, дночерпателя) и помещают в таз, кювету или ведро.
2. Грунт с содержащимися в нем животными порциями переносят в специальные промывалки, в которых с помощью воды производят отмывку грунта. Промывалка представляет собой мешок на каркасе, состоящий из плотной ткани, соединенной с сеткой, имеющей ячейки 0,7–1,0 мм

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

(в качестве такой сетки может быть использован фрагмент сети гидробиологической). Если для сбора макробеспозвоночных животных используется сачок, то его можно использовать также в качестве промывалки.

3. Далее следует процедура сортировки пойманных животных. Подготовленную пробу малыми порциями помещают в широкую и мелкую посуду с белым дном (кюветы, миски) и с помощью пинцета осторожно выбирают все живые организмы. Следует тщательно осматривать попавшие в пробу растительные остатки, веточки, щепки и камешки, чтобы не упустить ни одно животное. Похожие животные на этапе предварительной сортировки помещаются в одну емкость.

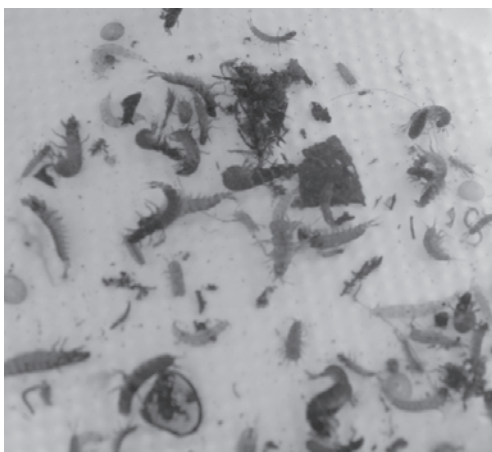


Рис. 28. Организмы бентоса, отловленные с использованием гидробиологической сети (фото Л. Ивановой)

На рис. 28 приведена фотография организмов бентоса, отловленных с использованием гидробиологической сети. Из фотографии видно, что в основном они представлены бродячими ручейниками Гидропсихиды (*Hydropsyche sp.*).

Важно отметить, что из пробы должны быть удалены все замеченные беспозвоночные животные, размер которых превышает 5 мм.

В зарослях погруженной растительности отлов животных производят сачками, причем в реках эти орудия заводятся против течения и вынимаются из воды после каждого облова, так как отлавливаемый материал может быть смыт течением. Полупогруженную и надводную растительность

трудно облавливать сачком, поэтому обычно растения вырывают с корнем. Затем его помещают в таз с водой и тщательно промывают. Корневую систему внимательно осматривают, чтобы не пропустить крепко прикрепленные формы. Дальнейшая обработка пробы совпадает с описанной выше.

Особенность работы с пробами зообентоса заключается в том, что вся первичная обработка производится на живом материале. Исследователь должен в течение нескольких часов разобрать пробы, т. е. рассортировать всех животных по группам и, если это необходимо, — измерить, взвесить и произвести фиксацию проб. В качестве фиксаторов используют 70%-ный этиловый спирт или



### 4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

4%-ный раствор формалина. В каждую пробу вносится этикетка с указанием даты, станции, характера грунта, орудия лова, количества взятого материала.

В процессе первичного отбора и определения организмов удобно использовать глубокие пластиковые тарелки (рис. 29).



Рис. 29.  
Использование глубоких пластиковых тарелок при первичном отборе и определении организмов

Дальнейшая обработка собранного материала состоит в определении беспозвоночных животных. В ряде случаев вполне допустимой считается точность определения до класса или отряда, но обычно следует проводить идентификацию животных до более низких систематических уровней. Для этой цели можно использовать определитель, помещенный в настоящем руководстве, либо пользоваться специальными изданиями для гидробиологов ([6], см. также Аннотированный список определителей).

### 4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных, обитающих в ручьях

Прежде чем приступить к определению состояния водоемов, надо выяснить, какие организмы его населяют. В этом может помочь специальная литература, такая как определители и атласы. Тем, кто хочет получить более предметное представление о населении водоема, рекомендуем ознакомиться с подробными определителями (см. Аннотированный список определителей).

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

Предлагаемый определитель донных беспозвоночных животных предназначен для начальных этапов ознакомления с придонной макрофауной, обитающей в водоемах, и является кратким, то есть подразумевается, что по нему нельзя определить всех обнаруженных животных до вида. Основное его назначение — это помочь участникам мониторинга определить систематическое положение животных с точностью до отряда, а в некоторых случаях — до семейства. Этой точности идентификации вполне достаточно для того, чтобы рассчитывать и успешно применять методы биоиндикации с использованием организмов бентоса. Вместе с тем, в определителе приведены рисунки многих животных, которые определены до рода или даже до вида. Это сделано, во-первых, потому что их идентификация не требует препарирования животных с целью установления деталей их строения и использования профессиональных микроскопов, т. к. все эти животные обладают хорошо различимыми внешними определительными признаками, и, во-вторых, — это значительно расширяет знания о местной фауне.

Определитель можно использовать для расчета большинства принятых индексов биоиндикации, однако следует отметить, что он, в основном, позволяет идентифицировать фауну пресноводных беспозвоночных Северо-Западного региона России. Для других регионов рекомендуется проверить результаты определения с помощью определителей, приведенных в Аннотированном перечне определителей.

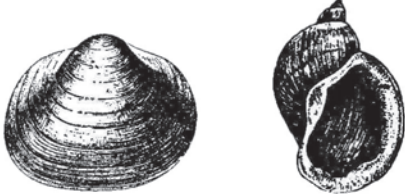



Определитель построен по принципу противопоставления двух или нескольких признаков. Каждая таблица состоит из парных противоположных утверждений (так называемые *теза* и *антитеза*). В данном определителе тезы помечены в колонке 1 цифрами (1, 2, 3 и т. д.\*), а антитеза — значком « – ». В колонке 2 помещены собственно теза или ее антитеза, в колонке 3 — результат определения, т. е. систематическое положение исследуемого животного (таксон). Процесс определения происходит следующим образом: рассматривая животное, следует определить, подходит ли к нему описание, представленное тезой, если да, то следует перейти к следующей тезе, к которой отсылает цифра, стоящая в колонке 4. В том случае, если эта цифра арабская (1, 2, 3 и т. д.), то переход происходит в пределах данной таблицы, если же цифра римская (I, II, ... VII), то переход осуществляется к таблице с указанным номером. В том случае, если животное по описанию не соответствует тезе, то следует перейти к ее антитезе. Продельвая такие шаги по необходимости несколько раз, вы обязательно придете к результату определения.

---

\* Нумерация колонок в таблице определителя.

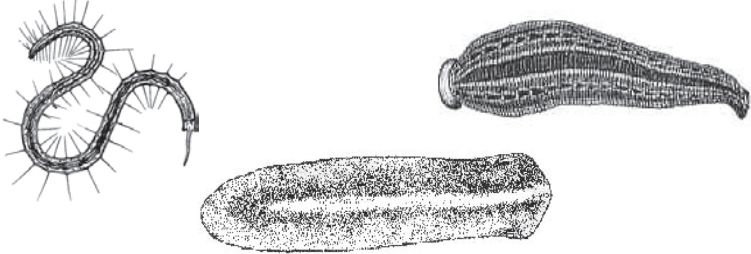
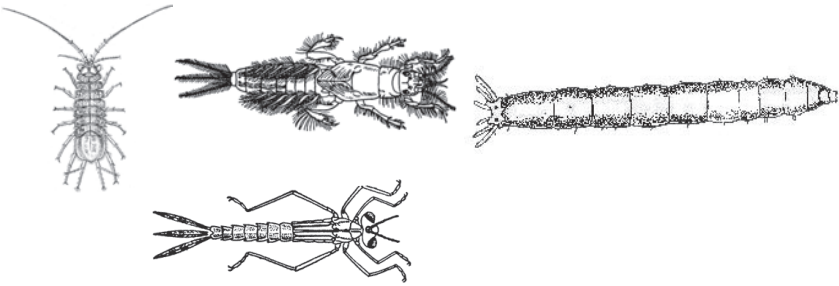

4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

I. Определительная таблица донных беспозвоночных животных

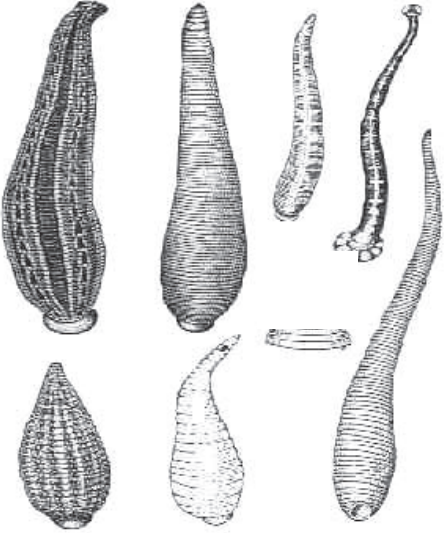
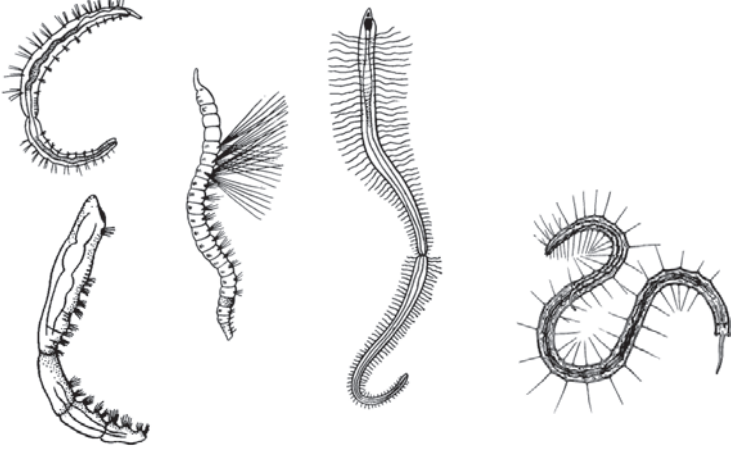
*	Теза / антитеза	Систематическое положение	Ссылка
1	2	3	4
1	Тело животного заключено в твердую известковую раковину	Тип моллюски (Mollusca)	2
			
–	Животное лишено раковины; тело мягкое или имеет твердый хитиновый покров		3
			
2	Тело заключено в известковую раковину в форме спирали, конуса или колпачка	Класс брюхоногие моллюски (Gastropoda)	II
			
–	Раковина состоит из двух створок	Класс двустворчатые моллюски (Bivalvia)	III
			

\* Номер тезы (цифры) или антитезы (–), см. с. 170.

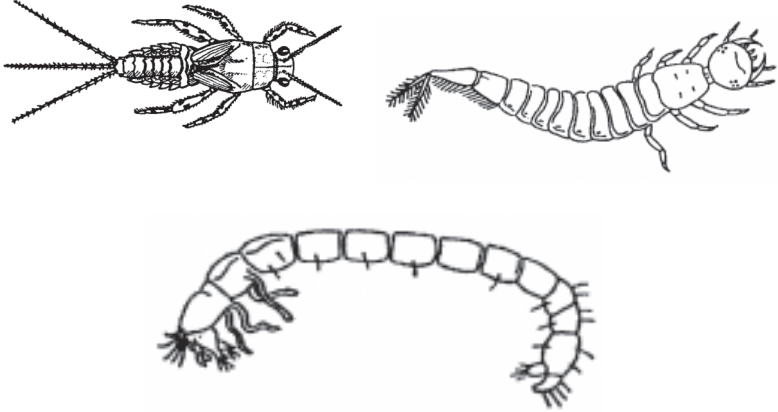

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

1	2	3	4
3	Тело животного мягкое без членистых ног. Тело плоское или червеобразное. Сегментация тела имеется или отсутствует. Если тело сегментировано, то члеников больше 13		4
			
-	Тело сегментировано. Животные имеют членистые ноги, ложные ножки или антенны. Если ноги отсутствуют, тогда тело имеет вид гусеницы, сегментов тела меньше 14	Тип членистоногие (Arthropoda)	6
			
4	Тело плоское, несегментированное, спинная поверхность обычно темнее брюшной	Тип плоские черви (Plathelminthes) Класс ресничные черви (Turbellaria) <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			
-	Тело сегментированное, если оно плоское, то на его концах имеются присоски, если тело червеобразное, то по бокам располагаются ряды щетинок	Тип кольчатые черви (Annelida)	5


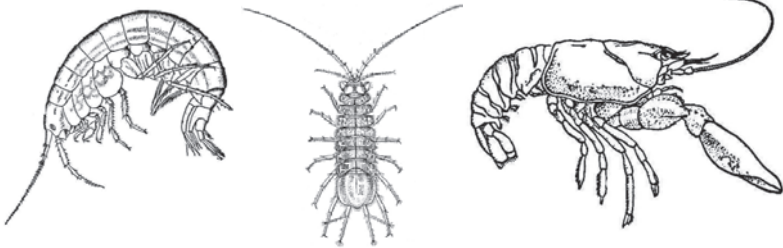
4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

1	2	3	4
5	Тело плоское, на переднем и заднем концах тела имеются присоски, щетинок нет	<b>Класс пиявки (Hirudinea)</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			
–	Тело червеобразное, щетинки имеются, присосок нет	<b>Класс малощетинковые черви (Oligochaeta)</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ


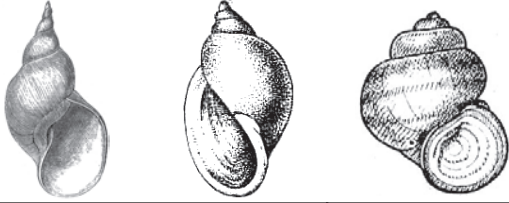



1	2	3	4
6	Животные имеют 3 пары членистых ног или ни одной. Тело отчетливо разделено на голову, грудь, брюшко. На голове имеется только одна пара антенн	Класс насекомые (Insecta)	IV
			
–	У животных более 3 пар членистых ног. На голове имеются две пары антенн или они отсутствуют		7
			

### 4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

1	2	3	4
7	Тело округлое, по длине не превышает 5 мм. Сегментация тела отсутствует, могут быть ярко окрашены, например, в красный цвет, антенны на голове отсутствуют	<b>Отряд клещи (Acari)</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			
–	Тело сегментированное, не округлое. На голове имеются 2 пары антенн. Передние ноги могут быть снабжены мощными клешнями	<b>Класс ракообразные (Crustacea)</b>	<b>V</b>
			

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ









##### II. Определительная таблица брюхоногих моллюсков

*	Теза / антитеза	Систематические положения	Ссылка
1	2	3	4
1	Тело животного заключено в твердую спирально закрученную известковую раковину в виде плоского диска (без возвышения в виде башенки); устье раковины не закрывается твердой крышечкой, имеется мускулистая нога	<b>Сем. Planorbidae</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
	 Роговая катушка – <i>Planorbis corneus</i>		
–	Раковина в виде конической спирали; устье раковины может быть закрыто твердой крышечкой		2
			
2	Устье раковины располагается слева; крышечка устья отсутствует, нога хорошо заметна	<b>Сем. Physidae</b>	–
	 Пузырчатая улитка – <i>Physa fontinalis</i>  Аплекса – <i>Arplexa sp.</i>		
–	Устье раковины располагается справа; крышечка устья отсутствует или может отсутствовать		3
			

\* Номер тезы (цифры) или антитезы (–), см. с. 170.

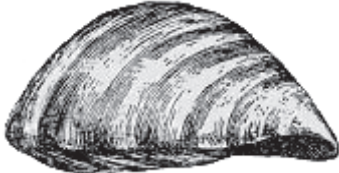
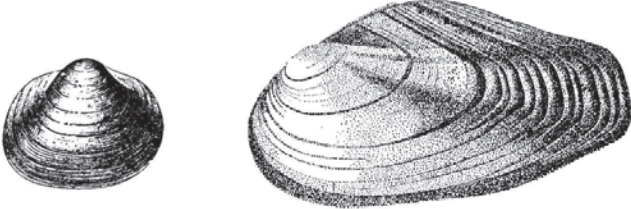

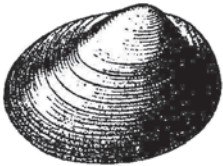
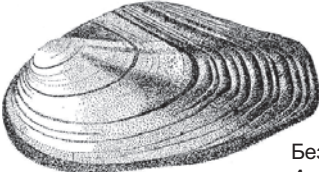



### 4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

1	2	3	4
3	Крышечка отсутствует, нога хорошо заметна	<b>Сем. Limnaeidae</b>	
	 <p>Обыкновенный прудовик – <i>Limnaea stagnalis</i></p>  <p>Ушковый прудовик – <i>Limnaea auricularia</i></p>  <p>Овальный прудовик – <i>Limnaea ovata</i></p>  <p>Малый прудовик – <i>Limnaea truncatula</i></p>		
–	Твердая крышечка имеется		4
4	Устье и крышечка круглые. Раковина плоско-спиральная или низкокониическая	<b>Сем. Valvatidae</b>	
	 <p>Затворка – <i>Valvata piscinalis</i></p>  <p>Затворка – <i>Valvata cristata</i></p>		
–	Крышечка раковины не круглая, раковина высококоническая или шаровидная		5
5	Раковины с темными продольными полосами	<b>Сем. Viviparidae</b>	
	 <p>Лужанка живородящая – <i>Viviparus sp.</i></p>		
–	Раковина одноцветная, без полос	<b>Сем. Bithynidae</b>	
	 <p>Битиния щупальцевая – <i>Bithynia tentaculata</i></p>		


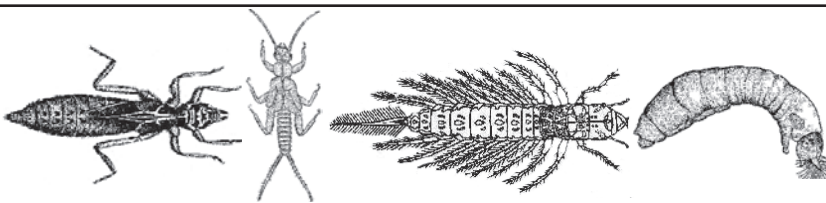
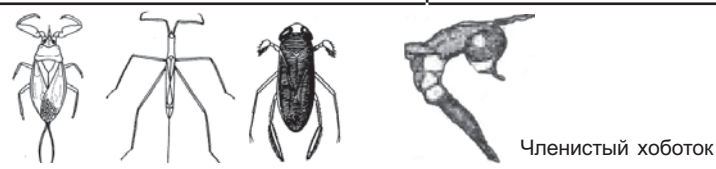
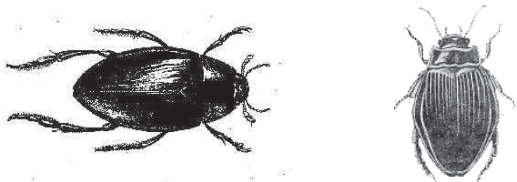
#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

### III. Определительная таблица двустворчатых моллюсков


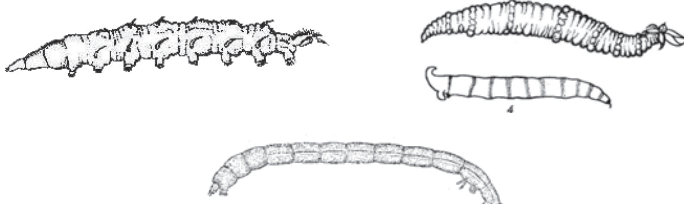
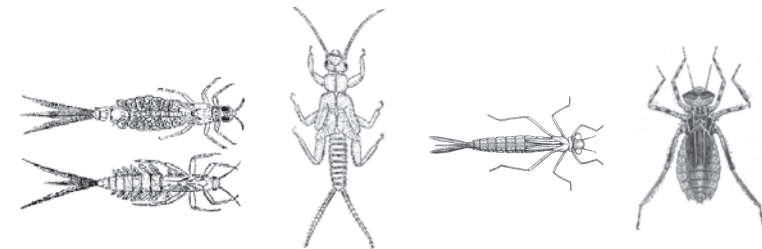

1	2	3	4
1	Раковина треугольной формы, имеет окраску в виде коричневатых полос. Сплюснутый вентральный (брюшной) край раковины имеет маленькое отверстие, из которого свисают нити, которыми моллюск крепится к субстрату	Сем. <i>Dreissenidae</i>	
	 Дрейссена – <i>Dreissena polymorpha</i>		
–	Раковина более или менее овальной формы. Вентральный край не сплюснут, нити отсутствуют. Поверхность раковины часто скульптурирована		2
			
2	Раковины небольшие – обычно не более 20 мм. Внутренняя сторона раковины тусклая и обычно сероватого цвета	Сем. <i>Sphaeridae</i>	
	 Шаровка – <i>Sphaerium sp.</i>  Горошинка – <i>Pisidium sp.</i>		
–	Длина раковины часто превышает 50 мм. Внутренняя сторона раковины покрыта перламутром	Сем. <i>Unionidae</i>	
	 Беззубка – <i>Anadonta sp.</i>  Перловица – <i>Unio sp.</i>		

4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

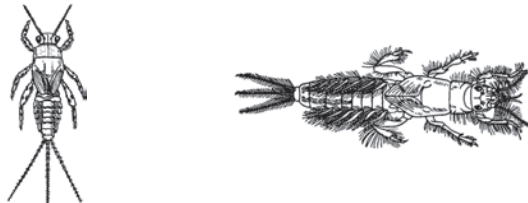

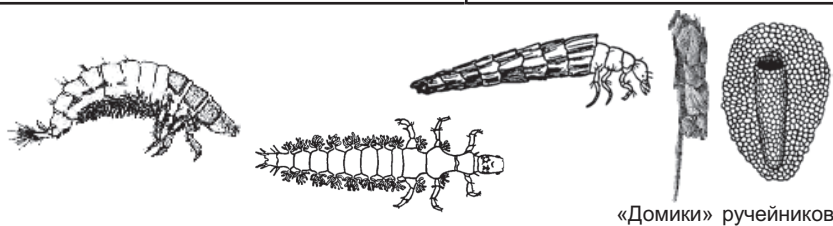

IV. Определительная таблица водных насекомых

1	2	3	4
1	У животных имеются хорошо развитые крылья. Передние крылья иногда образуют твердые надкрылья, порывающие задние крылья, имеющие вид тонких мембран. Иногда передние крылья плотные, кожистые в верхней своей части. Ноги присутствуют		2
			
–	Крыльев нет или имеются только их зачатки. Ноги есть или отсутствуют		3
			
2	Передняя пара крыльев плотная, кожистая в верхней своей части, в нижней части отчетливо просматриваются трахеи. Ротовые части образуют членистый хоботок, расположенный под головой и направленный назад между передними ногами	<b>Взрослые клопы. Отряд Heteroptera</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
	 <p>Членистый хоботок</p>		
–	Передние пары крыльев образуют твердые надкрылья	<b>Взрослые жуки. Отряд Coleoptera</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			



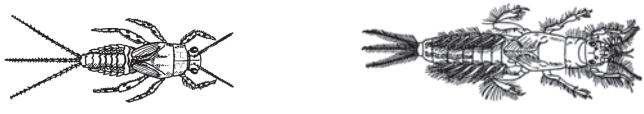

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

1	2	3	4
3	На груди имеются 3 пары членистых ног		4
			
–	Членистые ноги отсутствуют	Личинки двукрылых насекомых. Отряд Diptera	VI
			
4	На спинной стороне грудных сегментов имеются зачатки крыльев		5
			
–	На спинной стороне грудных сегментов зачатки крыльев отсутствуют		6
			

### 4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных


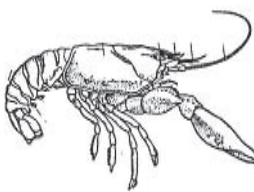

1	2	3	4
5	На конце брюшка имеются 2 или 3 тонкие хвостовые нити		8
			
5	На конце брюшка имеются 3 листовидные жабры или 3 коротких треугольных придатка. Нижняя челюсть вытянута и превращена в «маску», охватывающую голову с нижней стороны	<b>Личинки стрекоз.</b> <b>Отряд Odonata</b>	VI
	 <p style="text-align: right;">Маска</p>		
6	Антенны очень маленькие, почти незаметные, состоящие из одного сегмента. На нижней стороне брюшных сегментов могут присутствовать жабберные нити. Брюшко мягкое, на заднем конце тела имеются видоизмененные ножки в виде прицепок с коготками. Многие виды имеют «домики» из песчинок, коры деревьев, листьев и других материалов	<b>Личинки ручейников.</b> <b>Отряд Trichoptera.</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
	 <p style="text-align: right;">«Домики» ручейников</p>		
6	Антенны нитевидные, состоящие, по меньшей мере, из 3 сегментов. По бокам брюшных сегментов тела может быть 7 или более пар длинных, членистых и заостренных на конце трахейных жабр		7
			

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

1	2	3	4
7	На конце тела длинный перистый отросток	<b>Личинки большекрылок.</b> <b>Отряд Megaloptera</b>	
	 <p>Вислокрылка – <i>Sialis sp.</i></p>		
–	На конце тела длинный перистый отросток отсутствует	<b>Личинки жуков. Отряд Coleoptera</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			
8	На брюшке 3 хвостовые нити. Жабры имеются на брюшке и отсутствуют на грудных сегментах	<b>Личинки подёнок.</b> <b>Отряд Ephemeroptera.</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			
–	На брюшке только 2 хвостовые нити. Жабры, когда имеются, располагаются в виде пучков на груди; редко они присутствуют на первых двух сегментах брюшка или между хвостовыми нитями	<b>Личинки веснянок.</b> <b>Отряд Plecoptera</b> <i>Дальнейшее определение не приводится</i>	
			





4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

V. Определительная таблица донных ракообразных

1	2	3	4
1	Животные с бледной окраской, сплюснутые с боков, всегда в природе находятся на одном боку. Длина тела обычно не превышает 15 мм	<b>Отряд бокоплавы</b> <b>Amphipoda</b>	
		Бокоплав – <i>Gammarus lacustris</i>	
–	Животные сплюснуты в дорзо-вентральном направлении (от спинной поверхности к брюшной), передвигаются по грунту при помощи ног. Длина может значительно превышать 15 мм		2
2	Первые 2 или 3 пары ног превращены в клешни. Длина обычно превышает 20 мм	<b>Отряд десятиногие раки</b> <b>Decapoda</b>	
		Речной рак – <i>Astacus sp.</i>	
–	Клешни отсутствуют, но первая пара ног может быть приспособлена к хватанию. Длина обычно менее 15 мм	<b>Отряд равноногие раки</b> <b>Isopoda</b>	
		Водяной ослик – <i>Asellus aquaticus</i>	




#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

### VI. Определительная таблица личинок двукрылых насекомых



1	2	3	4
1	Головная капсула полностью склеротизирована и полностью видна		2
			
–	Головная капсула отсутствует или может частично втягиваться внутрь грудных сегментов		5
			
2	Ложные ножки отсутствуют	Сем. <i>Ceratopogonidae</i>	
	 <p>Личинка комара-мокреца – <i>Culicoides sp.</i></p>		
–	Ложные ножки имеются на одном или обоих концах тела, или на брюшных сегментах		3
3	Парные ложные ножки располагаются на 1–3 брюшных сегментах; задний конец брюшка вытянут в длинную дыхательную трубку	Сем. <i>Syrphiidae</i>	
	 <p>Личинка журчалки – <i>Eristalis sp.</i></p>		
–	Ложные ножки только на переднем и/или на заднем конце тела		4



### 4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

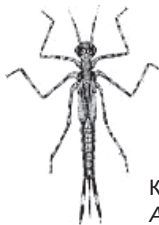




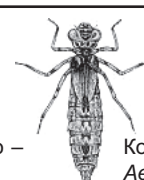





1	2	3	4
4	Ложные ножки имеются только на переднем сегменте груди. Задний конец тела вздут	<b>Сем. Simuliidae</b>	
		Личинка мошки – <i>Simulium sp.</i>	
–	Ложные ножки имеются и на переднем сегменте груди и на конце брюшка. Конец брюшка обычно не вздут, обычно имеются две пары жабр и непарный пучок щетинок на спинной стороне	<b>Сем. Chironomidae</b>	
		Личинка комара-звонца (мотыль) – <i>Chironomus sp.</i>	
5	Головная капсула частично или полностью втянута в грудь. Задний конец несет до 6 звездообразно расположенных отростков, образующих пластинку вокруг пары стигм	<b>Сем. Tipulidae</b>	
		Личинка долгоножки – <i>Tipula sp.</i>	
5	Головная капсула отсутствует		6

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

1	2	3	4
6	Личинки веретенообразные, заостренные к переднему и заднему концам. Передний край брюшных сегментов утолщен и образует плотные бугорки или ложные ножки, покрытые короткими шипиками	<b>Сем. Tabanidae</b>	
		Личинка слепня – <i>Tabanus sp.</i>	
–	Тело личинок с сужающимся передним концом, задний конец несколько расширен, несет 2 длинных выроста с перистыми волосками. На первых восьми сегментах брюшка имеются мускулистые втягивающиеся ложноножки, снабженные присосками; последние разделены группами крючков	<b>Сем. Rhagionidae</b>	
		Личинка бекасницы – <i>Atherix sp.</i>	

4.3. Краткий полевой определитель донных беспозвоночных

VII. Определительная таблица личинок стрекоз

1	2	3	4
1	Тело личинок тонкое и удлиненное, с тремя листовидными жабрами на конце брюшка (семейства Agrionidae, Coenagrionidae)	Подотряд <i>Zygoptera</i>	2
	 <p>Красотка – <i>Agrion sp.</i></p>  <p>Лютка – <i>Lestes sp.</i></p>  <p>Стрелка – <i>Coenagrion sp.</i></p>		
–	Личинки массивные, толстые, без хвостовых листовидных жабр. На конце брюшка 3 коротких треугольных придатка (семейства Gomphidae, Aeschnidae, Cordulegasteridae, Corduliida, Libellulidae)	Подотряд <i>Anisoptera</i>	3
	 <p>Дедка – <i>Gomphus sp.</i></p>  <p>Большое коромысло – <i>Anax sp.</i></p>  <p>Коромысло – <i>Aeschna sp.</i></p>  <p>Кордулегастер – <i>Cordulegaster sp.</i></p>  <p>Соматохлора – <i>Somatochlora sp.</i></p>  <p>Бабка – <i>Cordulia sp.</i></p>  <p>Симпетрум – <i>Sympetrum sp.</i></p>  <p>Настоящая стрекоза – <i>Libellula sp.</i></p>		

## 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

### 4.4. Расчеты биотических индексов

Мониторинг качества природных вод служит для выяснения их пригодности для питьевого и промышленного водоснабжения, для рыбохозяйственных и рекреационных целей. Оценка экологического состояния водного объекта может проводиться с помощью химического, бактериологического и гидробиологического методов. Под гидробиологическим методом понимается оценка качества воды по растительному и животному населению водоема. В основу этого метода положена закономерность: в природе существуют виды, которые могут обитать только в сравнительно узком диапазоне какого-либо экологического фактора (так называемые стенобионтные виды), и виды, существующие в достаточно широком диапазоне экологических условий (эврибионтные виды). Из этого следует, что присутствие стенобионтных видов или их отсутствие в ручье или реке может многое сказать об их экологическом состоянии. Такие виды называют индикаторными. Биологическое равновесие природных водных экосистем поддерживается многочисленными связями популяций организмов между собой и с окружающей неживой материей. При загрязнении водоемов органическими веществами это равновесие нарушается, что отражается на их видовом составе — могут исчезать стенобионтные виды, уступая свое место эврибионтным, и при этом может сокращаться видовое богатство, то есть количество видов, обитающих в данном водоеме.

Существующие в настоящее время системы биоиндикации экологического состояния вод позволяют специалистам достаточно надежно оценивать уровень загрязнения ограниченным числом терминов или баллов. Большинство из применяемых систем учитывают индикаторное значение конкретных видов организмов или крупных систематических групп более высокого порядка (семейства или отряды, например) и степень биологического разнообразия.

В настоящем руководстве описываются три наиболее употребительных и сравнительно простых в определении биотических индексов Майера и Вудивисса, а также индекс рейтинга ручья, основанных на анализе соотношения видов и количества донных беспозвоночных, обитающих в водоеме.

Поскольку жизненные условия для водных беспозвоночных различаются в водоемах разных типов, то даже чистые пруды, озера и реки будут иметь разную фауну гидробионтов. Это нужно учитывать, применяя методы биоиндикации.

Наиболее универсальным из предлагаемых методик является индекс Майера: на Северо-Западе России он применим для водоемов и водотоков любых типов.

Индекс Вудивисса применим в полной мере для ручьев и рек. Он может быть использован и в стоячих водоемах, но только для сравнения одного во-

#### 4.4. Расчеты биотических индексов

доема с другим водоемом сходного типа. Используя индекс Вудивисса, можно определить, что один пруд чище или загрязненнее другого. Но точно оценить уровень их загрязненности не удастся, так как в стоячих водоемах индекс Вудивисса обычно дает завышенные оценки степени загрязненности.

Индекс рейтинга ручья широко применяется для оценки загрязненности проточных водоемов. Оценка загрязненности стоячих водоемов с помощью этого индекса не рекомендуется.

Можно использовать методики биоиндикации и для оценки изменений состояния водоемов со временем. Но важно помнить, что можно сравнивать пробы, отобранные, к примеру, в июне текущего года, с июньскими же пробами прошлого года. Но нельзя производить сравнение июньских проб, например, с октябрьскими, т. к. для многих водных животных характерна цикличность их пребывания в водоеме. Так, представители наиболее «чутких» индикаторных групп, веснянки и поденки, представлены в водоемах личинками, которые в определенный момент превращаются во взрослых насекомых и покидают воду. Так что в определенное время года некоторые виды в водоеме нельзя обнаружить не из-за его загрязненности, а в силу их биологических особенностей.

Следует отметить, что описанные ниже индексы в целом дают сопоставимые оценки экологического состояния реки или ручья. Разумеется, в том случае, если при вычислении индекса проводится более точное определение беспозвоночных, индекс будет давать более надежную и более информативную оценку. Если вы хотите использовать более сложные методы, то вам следует связаться со специалистами-гидробиологами из ближайшего научного центра.

##### 4.4.1. Биотический индекс Майера

Предлагаемый индекс Майера является одним из самых простых для вычисления, но достаточно надежным и может применяться для любого типа водных объектов. При определении данного индекса не требуется детальная идентификация животных до вида, достаточно рассортировать их на три группы, которые различаются по степени чувствительности к загрязнению. Вместе с тем, применять этот метод следует с осторожностью, так как получаемые результаты довольно приблизительны. Лучше всего применять метод Майера, сравнивая значения индекса для одной и той же точки в динамике. Изменения этого индекса позволят уловить изменения в состоянии водного объекта.

Для того чтобы вычислить значение индекса, необходимо отметить наличие трех групп организмов (табл. 17).

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

Таблица 17

Группы беспозвоночных для вычисления индекса Майера

Обитатели чистых вод	Обитатели среднезагрязненных водоемов	Обитатели сильнозагрязненных водоемов
1	2	3
Личинки веснянок (Insecta: Plecoptera) Личинки подёнок (Insecta: Ephemeroptera) Личинки ручейников (Insecta: Trichoptera) Личинки вислокрылок (Insecta: Megaloptera) Двустворчатые моллюски (Bivalvia)	Бокоплавы (Crustacea: Amphipoda) Речные раки (Crustacea: Decapoda) Личинки стрекоз (Insecta: Odonata) Личинки Tipulidae (Insecta: Diptera) Катушки (Mollusca: Planorbidae) Живородки (Mollusca: Viviparidae)	Личинки Chironomidae (Insecta: Diptera) Пиявки (Annelida: Hirudinea) Водяные ослики (Crustacea: Isopoda) Прудовики (Mollusca: Limnaeidae) Личинки Simuliidae (Insecta: Diptera) Малощетинковые черви (Annelida: Oligochaeta)
$\Sigma_1 = \underline{\hspace{2cm}}$	$\Sigma_2 = \underline{\hspace{2cm}}$	$\Sigma_3 = \underline{\hspace{2cm}}$
$3 \times \Sigma_1 = \underline{\hspace{2cm}}$	$2 \times \Sigma_2 = \underline{\hspace{2cm}}$	$\Sigma_3 = \underline{\hspace{2cm}}$
Индекс Майера = $3 \times \Sigma_1 + 2 \times \Sigma_2 + \Sigma_3$		

**Группа I** (колонка 1) включает чувствительные к загрязнению организмы, такие организмы типичны для чистых вод.

**Группа II** (колонка 2) включает отчасти устойчивые (толерантные) к загрязнению организмы, типичные для вод удовлетворительного качества (среднезагрязненных водоемов).

**Группа III** (колонка 3) включает толерантные к загрязнению организмы, типичные для вод плохого качества (сильно загрязненных водоемов).

После того, как животные были рассортированы по этим трем группам, можно приступить к расчету самого индекса.

Для этого надо подсчитать количество групп организмов из колонок табл. 17, попавших в пробу, для каждой колонки в отдельности. Далее количество групп из первой колонки необходимо умножить на три, из второй — на два. Значение индекса Майера рассчитывается как сумма тройного количества групп из первой колонки, двойного — из второй и количества групп из третьей колонки. Далее по табл. 18 получают оценку чистоты водоема.

Если значение индекса Майера более или равно 22, то ручей (водоток) можно считать очень чистым; от 17 до 22 — чистым, от 11 до 18 — уме-

#### 4.4. Расчеты биотических индексов

Таблица 18

Соответствие индекса Майера показателю состояния ручья (водотока)

Состояние ручья по индексу Майера	
$\geq 22$	Очень чистое
17–22	Чистое
11–18	Умеренно-загрязненное
$< 11$	Грязное

ренно-загрязненным. Если значение суммы меньше 11, то ручей считается грязным (табл. 18).

#### 4.4.2. Биотический индекс Вудивисса

Более дифференцированная оценка степени загрязнения по видовому разнообразию и индикаторному значению таксонов проводится по методу Вудивисса, который оказался наиболее перспективным для гидробиологического анализа вод. Метод основан на анализе загрязнений вод по составу донной фауны. Хотя Ф. Вудивисс разработал этот метод для реки Трент (Великобритания), он успешно применяется для различных рек Европы и России. Может применяться для оценки состояния проточных водоемов, однако пригоден и для оценки изменения состояния сообществ стоячих водоемов (при повторных оценках). Достоинство этого метода заключается в том, что он объединяет принципы учета индикаторного значения отдельных немногих таксонов и уменьшения разнообразия фауны в условиях загрязнения. Этот метод учитывает наиболее часто наблюдаемую последовательность исчезновения из донных сообществ отдельных групп животных по мере увеличения загрязнения (табл. 19). Методика исчисления индекса Вудивисса предполагает определение некоторых групп водных беспозвоночных до уровня семейств, родов (поденки) или даже видов (моллюски, пиявки, ракообразные, водяные клещи, веснянки, жуки). При этом желательно, чтобы, даже если исследователь не знает названия группы, но может распознать две разновидности похожих объектов, он бы считал их двумя группами, а не одной. Например, в случае, если в сборы попали 2 жука на стадии имаго разного размера, их следует считать двумя группами, а не одной, даже

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

Таблица 19

Расчет биотического индекса Вудивисса

Чистая вода	Наличие индикаторных групп	Количество видов индикаторных групп	Биотический индекс по наличию общего числа групп				
			0–1	2–5	6–10	11–15	16+
Организмы, которые имеют тенденцию исчезать при повышении уровня загрязнения	Личинки веснянок имеются	Больше одного вида	—	7	8	9	10
		Только один вид	—	6	7	8	9
	Личинки поденок имеются	Больше одного вида <sup>1</sup>	—	6	7	8	9
		Только один вид <sup>1</sup>	—	5	6	7	8
	Личинки ручейников имеются	Больше одного вида <sup>2</sup>	—	5	6	7	8
		Только один вид <sup>2</sup>	4	4	5	6	7
	Рачки <i>Gammarus sp.</i> имеются	Все вышеуказанные виды отсутствуют	3	4	5	6	7
	Рачки <i>Asellus aquaticus</i> имеются	То же	2	3	4	5	6
Загрязненная	Тубифициды и/или красные личинки мотыля имеются ( <i>Chironomus sp.</i> )	То же	1	2	3	4	—
	Все вышеуказанные группы отсутствуют	Возможно наличие некоторых организмов, не требующих растворенного кислорода, например <i>Eristalis</i>	0	1	2	—	—

<sup>1</sup> Исключая *Baetis rhodani*;

<sup>2</sup> Включая *Baetis rhodani*



если Вы не знаете, к каким видам они относятся. По сумме групп и качественному составу населения рассчитываются значения биотического индекса водотока.

##### Группы для определения биотического индекса:

- все известные виды плоских червей (*Plathelminthes*);
- малощетинковые черви (*Oligochaeta*), исключая род *Nais*;
- все известные виды пиявок (*Hirudinea*);
- моллюски (*Mollusca*);
- ракообразные (*Crustacea*);
- водные клещи (*Acarina*);
- личинки поденок (*Ephemeroptera*), исключая *Baetis rhodani*;
- личинки веснянок (*Plecoptera*);
- личинки ручейников (*Trichoptera*);
- личинки вислокрылок (*Megaloptera*);
- имаго и личинки жуков (*Coleoptera*);
- имаго и личинки клопов (*Hemiptera*);
- семейство мошек (*Simuliidae*);
- семейство комаров-звонцов (*Chironomidae*), кроме *Chironomus thummi*;
- личинка комара *Ch. thummi*.

Для вычисления значения биотического индекса вначале следует определить наличие в пробе наиболее чувствительной к загрязнению индикаторной группы, просматривая сверху вниз соответствующую колонку табл. 19. Далее определяют, каким количеством видов представлена в пробе эта индикаторная группа (следующая колонка). Затем следует подсчитать, сколько всего видов присутствует в анализируемой пробе. Значение индекса Вудивисса находится на пересечении колонки с соответствующим числом видов в пробе и строкой с видовым разнообразием индикаторной группы. Например, в пробе не обнаружены личинки веснянок и поденок, но обнаружены личинки ручейников в количестве трех видов. При этом общее количество видов животных в пробе равно двенадцати. По таблице находим, что значение индекса равно 7.

Далее определяем соответствие индекса Вудивисса состоянию ручья (табл. 20).

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

Таблица 20

Соответствие индекса Вудивисса состоянию ручья

Диапазоны значений	Оценка качества воды
1	Сильно загрязненная
2–3	Загрязненная
4–5	Умеренно загрязненная
6–10	Чистая

#### 4.4.3. Индекс рейтинга ручья

Предыдущие индексы определялись на основании *качественных* сборов — для их применения нет необходимости подсчитывать количество представителей того или иного вида в улове. Индекс рейтинга ручья предполагает наличие репрезентативной выборки представителей макрозообентоса из водоема. Для этого проводится *количественный* сбор гидробионтов.

Прежде всего, надо определить число редких (R), обычных (C) и доминирующих (D) видов (или групп организмов) для каждой из трех групп толерантности (устойчивости к загрязнению), приведенных в табл. 21.

Таблица 21

Группы толерантности для вычисления индекса рейтинга ручья

Группа I (чувствительные к загрязнению)	Группа II (довольно устойчивые к загрязнению)	Группа III (устойчивые к загрязнению)
Личинки ручейников	Речные раки	Личинки комаров-звонцов
Личинки веснянок	Бокоплавы	
Личинки поденок	Личинки мошек	

Каждой группе толерантности организмов в зависимости от величины относительного обилия присваиваются веса, представленные в табл. 22.

#### 4.4. Расчеты биотических индексов

Таблица 22

Веса, используемые для расчета индекса рейтинга ручья

Обилие организмов	Вес		
	Группа I	Группа II	Группа III
Редкие (R)	5,0	3,2	1,2
Обычные (C)	5,6	3,4	1,1
Доминирующие (D)	5,3	3,0	1,0

Для определения индекса рейтинга ручья следует произвести ряд простейших вычислений:

- число каждого вида/группы в пробе умножается на соответствующий вес для каждой из групп толерантности из таблицы 22;
- для каждой из групп толерантности определяется сумма (индекс группы), как показано в табл. 23;
- складывают полученные индексы (индекс группы I + индекс группы II + индекс группы III).

Полученная величина и есть индекс рейтинга ручья.

Таблица 23

Пример расчета индекса рейтинга ручья

Группа I	Группа II	Группа III
1 (число в пробе R – групп/видов) × 5,0 = 5,0	3 (число в пробе R – групп/видов) × 3,2 = 9,6	1 (число в пробе R – групп/видов) × 1,2 = 1,2
2 (число в пробе C – групп/видов) × 5,6 = 11,2	1 (число в пробе C – групп/видов) × 3,4 = 3,4	1 (число в пробе C – групп/видов) × 1,1 = 1,1
	2 (число в пробе D – групп/видов) × 3,0 = 6,0	
<b>Индекс группы I = 16,2</b>	<b>Индекс группы II = 19,0</b>	<b>Индекс группы III = 2,3</b>
<b>Сумма всех трех индексов = 37,5</b>		

В заключение надо сравнить полученную величину с табличными величинами (табл. 24) и сделать заключение о состоянии ручья.

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

Таблица 24

Соответствие индекса рейтинга ручья показателю состоянию ручья

Значение индекса	Показатель качества
>40	Хорошее
20–40	Удовлетворительное
<20	Плохое

Пример определения качества воды в гипотетическом ручье представлен в табл. 23, 24 — по величине рассчитанного суммарного индекса (37,5) можно заключить, что качество воды в нем удовлетворительное.

#### 4.5. Использование высших водных растений в методах биоиндикации

##### 4.5.1. Высшие водные растения как индикаторы качества воды

Высшие водные растения являются важным компонентом автотрофного звена экосистем водотоков и водоемов. Они, как правило, образуют пояс зеленой растительности, развивающейся вдоль уреза воды различных водоемов. Иногда их называют макрофитами, но это более широкое понятие. К макрофитам относят и харовые водоросли, которые являются низшими водными растениями.

Развитие высшей водной растительности тесно связано с водой, она занимает различные экологические ниши в пределах берегов, русел и котловин и поэтому делится на три большие группы. К первой группе относятся растения, которые полностью или частично погружены в воду, где проходит весь цикл их развития. Они могут распространяться на довольно большую глубину. Их называют гидрофитами. Наиболее распространенные гидрофиты — это роголистник погруженный, полушник озерный, рдест блестящий, рдест пронзеннолистный, уруть колосистая, лобелия Дортманна. Растения второй группы имеют плавающие листья, тогда как большая часть стеблей находится в воде. Их называют плавающими гидрофитами, или растениями с плавающими листьями. К ним относят кубышку желтую, кувшинку чисто-белую, стрелолист плавающий, рдест плавающий, ряску маленькую, многокоренник обыкновенный. Третья группа растений, как правило, развивается близко к урезу

#### 4.5. Использование высших водных растений в методах биоиндикации

---

воды и частично выходит на берег. Они возвышаются над водой, поэтому их называют еще воздушно-водной растительностью. Эта группа растений носит название гелофиты. Наиболее распространенные среди них — тростник обыкновенный, хвощ речной, рогоз широколистный, камыш озерный, сусак зонтичный, ежеголовник простой [8].

Функции высшей водной растительности очень разнообразны. Сообщества этих растений являются высоко продуктивными создателями органического вещества, которое служит основой для питания животного населения и микроорганизмов экосистем. В процессе фотосинтеза они выделяют растворенный кислород, обеспечивающий существование многих организмов и участвующий в деструкции органических соединений. Заросли высшей водной растительности являются экологической нишей для развития комплекса планктонных, фитофильных и бентосных животных, а также местами размножения, кормления и защиты многих видов беспозвоночных, рыб, водоплавающих птиц и водных млекопитающих. Сообщества высших водных растений могут служить биофильтрами для растворенных и взвешенных веществ, поступающих с прибрежных территорий, аккумулируя их в своих стеблях и листьях и осаждая их на этих органах и водных корнях. Растения интенсивно поглощают различные вещества, накапливают ионы тяжелых металлов и радионуклиды, выступают в роли детоксикантов пестицидов и нефтепродуктов [9].

Высшие водные растения являются хорошими индикаторами состояния водной среды. По видовому составу растений, степени развития их сообществ, их продуктивности можно оценивать степень воздействия природных и антропогенных факторов.

На развитие растительности водотоков оказывают влияние такие природные факторы, как геологическое строение территории и режим водосбора. Они, в свою очередь, определяют тип потока, его глубину, водность, прозрачность воды, наличие и характер донных отложений, различные химические характеристики.

Антропогенное влияние проявляется в изменении параметров среды, а это приводит к изменению растительности. Так, например, некоторые сельскохозяйственные мероприятия на водосборе рек вызывают увеличение эрозии берегов и водоохраных зон. В первую очередь это может означать увеличение заиления. Оно, в свою очередь, увеличивает мутность воды, снижает устойчивость дна, повышает уровень биогенов, что также изменяет состояние высшей водной растительности. Углубление русла ведет к гибели растений, хотя возможно восстановление сообщества в течение несколько месяцев или лет. Одним из видов антропогенного воздействия можно считать сброс подогретых вод, что может приводить к чрезмерному развитию некоторых видов растительности, не характерных для этого водотока и региона в целом [10].

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

---

Макрофиты чувствительны и к различного рода загрязнениям. Источниками загрязнений являются сточные воды и промышленные отходы, сельскохозяйственная деятельность, удобрения, пестициды, рекреация, дороги, мосты и т. д. Влияние загрязнений очень разнообразно и отражается как на распределении, так и на процветании растительности. Они ведут к снижению, а зачастую и гибели нестойких видов, снижению их разнообразия либо к появлению и расселению устойчивых видов, за исключением случаев особенно сильного загрязнения. При загрязнении изменяется видовой состав, биомасса и продукция, возникают морфологические аномалии, происходит смена доминирующих видов и упрощение структуры сообществ. Кроме того, влияние загрязнений отражается на проективном покрытии и фенофазах растительности, что является показателем ее жизненности. Однако разные виды растений могут быть устойчивы к загрязнениям. В процессе своей жизнедеятельности они аккумулируют различные химические соединения, в том числе и токсиканты, надолго сохраняя их в своих организмах. Дальнейшие биохимические анализы макрофитов могут свидетельствовать о бывшем загрязнении водной среды [10].

Следует отметить, что сообщества высшей водной растительности являются достаточно консервативным элементом водных экосистем. Изменения в площадях, характере зарастания и продуктивности высших водных растений обычно проявляются по истечении нескольких лет после воздействия внешнего фактора. Единичные токсические сбросы не оказывают длительного воздействия на растительность, но могут уничтожить ее часть или всю. Длительные, хронические загрязнения даже невысокой концентрации значительно опасней, так как происходят коренные структурные и функциональные перестройки растительных сообществ.

Уже по визуальному исследованию реки, по составу и распределению в ней высшей водной растительности можно в первом приближении составить заключение об уровне ее загрязнения. Эта особенность растительности во многом определяет то место, которое она занимает в контроле качества вод. В настоящее время исследованиями ученых многих стран установлено, что, несмотря на то, что большинство видов высшей водной растительности имеют широкий ареал распространения и обладают высокой экологической пластичностью, они все же пригодны в качестве биоиндикаторов.

Загрязнение отражается как на распределении, так и на процветании растительности. Выделяют виды, выносливые к той или иной степени загрязнения [11]:

- очень выносливые виды — рдест гребенчатый;
- выносливые виды — ежеголовник всплывающий, ежеголовник прямой, рдест курчавый;

#### 4.5. Использование высших водных растений в методах биоиндикации

---

— умеренно выносливые виды — манник большой, сусак зонтичный, аир обыкновенный, жерушник земноводный.

Известна группа высших водных растений, по присутствию которых можно судить о состоянии водной среды. Так, наличие в водоемах полушника озерного, лобелии Дортманна и урути очередноцветковой свидетельствует о чистоте вод.

Массовое развитие рясок может свидетельствовать о неблагоприятном состоянии экосистемы исследуемого водоема. Так, развитие ряски трехдольной выявляет присутствие большого количества биогенных элементов. Ряска малая и многокоренник обыкновенный говорят о сильном эвтрофировании водоема и кроме того, присутствии промышленных и сельскохозяйственных стоков. Многокоренник способен развиваться на стоках животноводческих и свиноводческих комплексов, он активно участвует в самоочищении и детоксикации сточных вод. Наличие различного рода антропогенных воздействий выявляется массовым развитием таких видов, как стрелолист обыкновенный, частуха подорожниковая, элодея канадская, телорез алоэвидный, роголистник погруженный, уруть колосистая, рогоз узколистый.

##### 4.5.2. Оценка экологического состояния реки и ручья с помощью высших водных растений

Оценка экологического состояния реки и ручья с помощью высших водных растений проводится так же визуально. Выйдя на берег водоема, вы должны выбрать участок прибрежья, где растительность развита наиболее пышно. Выделите экологические группы растений и опишите их отдельно. (Например: на участке реки N встречено 3 вида гелофитов, 5 видов растений с плавающими листьями и 3 вида гидрофитов.) Особо следует обратить внимание на признаки жизненного состояния растений и их общий облик. Чрезмерное или угнетенное состояние свидетельствует об изменении качества воды. Явное сокращение зарослей, изменение цвета листьев, отсутствие или уродства бутонов и ростовых зон также важны при оценке экологического состояния водотока. Обязательно отмечайте эти явления в блокноте или протоколе. Далее на глаз вы выделяете доминирующие растения или группы, которые могут быть индикаторами.

При необходимости проведите гербаризацию растений с целью дальнейшего определения его в классе. При работе используйте материалы, помещенные в табл. 25. Занесите полученные вами данные в блокнот или протокол и используйте их при оценке экологического состояния водоема.

4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ...




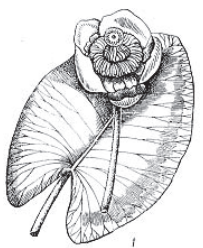
Таблица 25

Индикаторные свойства некоторых видов  
высшей водной растительности

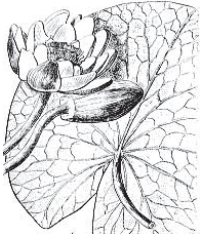

Внешний вид	Название растения	Местонахождение, распространение, экология	Индикатор
<b>Гидрофиты</b>			
	Рдест пронзенно-лиственный	В озерах, речках, старицах, каналах, прудах, рисовых полях. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор эвтрофных проточных вод. Индикатор загрязненной водной среды тяжелыми металлами (Zn, Mn, Cu)
	Рдест гребенчатый	В озерах, реках, пойменных водоемах, прудах, часто в соленоватых и соленых водоемах, морских заливах. В водоемах, загрязненных сточными водами. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор присутствия сточных вод. Индикатор водоемов с высокой жесткостью воды
	Рдест курчавый	В реках с небольшим течением, озерах, прудах, водоемах песчаных карьеров. В слабопроточных и замкнутых водоемах, обогащенных азотистыми соединениями. Колебания уровня воды стимулируют развитие. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор эвтрофных водоемов, богатых соединениями кальция и органическими веществами
	Рдест блестящий	В озерах, медленно текущих реках, старицах, водохранилищах, прудах, в системах оросительных каналов, на рисовых полях. В слабопроточных водоемах, бедных азотистыми соединениями. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор мезоэвтрофных водоемов со средней прозрачностью воды и сильнощелочными донными отложениями








#### 4.5. Использование высших водных растений в методах биоиндикации

	<p>Уруть колосистая</p>	<p>В пресноводных эвтрофных замкнутых и слабопроточных водоемах, богатых соединениями кальция. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных, подверженных сильному антропогенному воздействию водоемов с высоким содержанием минеральных веществ</p>
	<p>Элодея канадская</p>	<p>В озерно-речных системах, реках, озерах, прудах, каналах, водоемах болот, в карстовых водоемах. В слабопроточных и замкнутых водоемах, обогащенных калием и кальцием. Колебания уровня воды стимулируют развитие. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор пресноводных, слабопроточных с нейтральной и слабощелочной реакцией, с невысоким содержанием взвешенных частиц вод. Индикатор умеренного антропогенного влияния</p>
	<p>Роголистник погруженный</p>	<p>В озерах, руслах, рукавах и заливах рек, прудах, каналах, водоемах болот. Чувствителен к освещению. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных, солоноватоводных водоемов; участков значительного антропогенного эвтрофирования и сильнощелочной реакцией среды. Индикатор загрязнения водоемов ртутью</p>
<p><b>Гидрофиты с плавающими листьями</b></p>			
	<p>Кубышка желтая</p>	<p>В озерах, рукавах, старицах, речках с медленным течением, в мелиоративных канавах, прудах. Слабый ацидофил. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор мезоэвтрофных водоемов с колебаниями уровня воды и илисто-песчаных донных отложений</p>






#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ...

	<p>Кувшинка чисто-белая</p>	<p>В зарастающих озерах, старицах, реках, плавнях и лиманах, старых мелиоративных канавах, в водоемах болот. При усилении антропогенного влияния жизненность и продуктивность снижаются. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных заболачивающихся замкнутых водоемов с колебаниями уровня воды</p>
	<p>Рдест плавающий</p>	<p>В озерах, прудах, реже в реках, мертвых рукавах, заводях, затопленных песчаных и торфяных карьерах, в канавах, ручьях. Плохо переносит летнее повышение уровня воды в реках. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных водоемов с аккумуляцией органических веществ в донных отложениях</p>
	<p>Водокрас обыкновенный</p>	<p>В водоемах различного трофического уровня. В озерах, лиманах, реже в реках. При снижении уровня воды продуктивность вида снижается. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор защищенных и замкнутых эвтрофных водоемов с донными отложениями, богатыми органикой. Выдерживает умеренное антропогенное влияние</p>
	<p>Горец земноводный</p>	<p>В заводях и по берегам рек и речек, в старицах, прудах. Успешно развивается в местообитаниях, где наблюдается усиление антропогенного эвтрофирования. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор местообитаний с высокой степенью перемешиваемости воды. Переносит высокие концентрации ионов хлора</p>
	<p>Ежеголовник всплывающий</p>	<p>В реках, озерах, на болотистых лугах, в низинных болотах, прудах. В водоемах со значительным течением произрастает форма с лентовидными листьями до 2 м длиной. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор мезоэвтрофных водоемов с колебаниями уровня воды</p>





#### 4.5. Использование высших водных растений в методах биоиндикации

	Ряска маленькая	В озерах, старицах, прудах, реже в реках с замедленным течением. Заросли, затеняя поверхность воды, оказывают влияние на расселение других видов растений и многих видов животных. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор сильного антропогенного загрязнения
	Ряска тройчатая	В озерах, старицах, прудах, реже в реках с замедленным течением. В водоемах с высоким содержанием Mg не встречается. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор высокого содержания биогенных веществ в воде и донных отложениях
	Многокоренник обыкновенный	В озерах, старицах, прудах, реже в реках с замедленным течением с высоким содержанием азотистых соединений. Широкому распространению вида способствует морфологическая и экологическая пластичность. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор сильного антропогенного эвтрофирования, но не с участием органических поллютантов, при наличии которых популяции растений сокращаются
<b>Гелофиты</b>			
	Тростник обыкновенный	В поймах рек, в озерах, плавнях, болотах, ольшаниках и ивняках. Переносит значительное засоление водосборных территорий. Повсеместно в умеренных широтах	Полиотопный вид. Индикационные свойства проявляются в изменении структурных и продукционных показателей
	Ситняг болотный	По берегам водоемов разной трофности. При увеличении степени эвтрофирования вид может исчезать. Повсеместно в умеренных широтах	Индикатор нарушенных прибрежных территорий и оптимального внесения удобрений

#### 4. МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ...

	<p>Камыш озерный</p>	<p>На мелководьях эвтрофных озер, прудов, рек, канав, каналов, стариц. Обладает широкой экологической амплитудой. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор мезоэвтрофных водоемов с колебаниями уровня воды и слабым течением</p>
	<p>Сусак зонтичный</p>	<p>По заболоченным берегам рек, прудов, озер. Произрастает на кислых, щелочных, известковых почвах. Развивается там, где наблюдаются процессы антропогенного эвтрофирования и сбросы сточных вод. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор развития процессов антропогенного эвтрофирования</p>
	<p>Частуха подорожниковая</p>	<p>Встречается в различных водоемах и водотоках с грунтовым подтоплением берегов. При благоприятных условиях образует сплошные заросли. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных участков водотоков, участков с пониженным уровнем воды, участков, нарушенных вследствие выпаса скота</p>
	<p>Стрелолист стрелолистный</p>	<p>В озерах, реках, каналах, заливах, водохранилищах. Встречается в сильно загрязненных водоемах. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор усиливающегося антропогенного эвтрофирования и сильного загрязнения воды</p>
	<p>Манник большой</p>	<p>На илистых почвах в поймах рек, эвтрофных озер, в прудах, мелиоративных каналах. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных водоемов со значительными колебаниями уровня воды. Проявляет относительно высокую устойчивость к соединениям ртути и хлора</p>

#### 4.5. Использование высших водных растений в методах биоиндикации

	<p>Рогоз узколистный</p>	<p>В озерах, реках, старицах, канавах, прудах, водохранилищах. Отмечается широкая экологическая амплитуда вида. Обладает высокой поглотительной способностью. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных водоемов и участков с сильным загрязнением</p>
	<p>Вахта трехлистная</p>	<p>По берегам эвтрофных заболачивающихся водоемов и водотоков с резкими колебаниями уровня воды. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор участков водоемов и водотоков, где происходят интенсивные процессы заболачивания территорий с поверхностным или грунтовым подтоплением</p>
	<p>Хвощ речной</p>	<p>По берегам рек, озер, заводей, болот, канав. Плохо переносит антропогенные воздействия. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор мезотрофных водоемов с колебаниями уровня воды. Развитие этого вида означает относительную чистоту вод</p>
	<p>Аир обыкновенный</p>	<p>В реках, прудах, каналах. Переносит сильное течение. Снижение уровня воды стимулирует развитие. Повсеместно в умеренных широтах</p>	<p>Индикатор эвтрофных и гиперэвтрофных прудов, расположенных вблизи сельских населенных пунктов, с избытком соединений азота. Может указывать на нарушенность прибрежных территорий в связи с выпасом скота</p>

Приложение 1

**Протокол визуальной оценки состояния водного объекта**  
(рекомендуемая форма)

Имя автора описания \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_  
Месторасположение описываемого участка водного объекта \_\_\_\_\_

Площадь водосбора \_\_\_\_\_ . Уклон ручья (по карте) \_\_\_\_\_  
Использование территории водосбора (в %) \_\_\_\_\_  
Посевы. Сенокос. Пастбище \_\_\_\_\_  
Лес. Поселки. Загоны для скота. Промышленность. Другое \_\_\_\_\_  
Погода сегодня. Погода в предыдущие дни (от 2 до 5) \_\_\_\_\_

Ширина активного русла \_\_\_\_\_

Преобладающий субстрат: валуны, гравий, песок, ил \_\_\_\_\_

**Рисунок обследуемого участка водоема**



**Подсчет баллов**

Состояние русла	<input type="text"/>	Барьеры для движения рыб	<input type="text"/>
Гидрологические изменения	<input type="text"/>	Оценка укрытий для рыб	<input type="text"/>
Оценка прилегающей территории и поймы	<input type="text"/>	Наличие омутов	<input type="text"/>
Стабильность берегов	<input type="text"/>	Оценка местообитаний макробеспозвоночных животных	<input type="text"/>
Прозрачность воды	<input type="text"/>	Затененность русла (полог из крон деревьев)	<input type="text"/>
Обогащенность вод биогенными элементами	<input type="text"/>	Степень заиления порогов	<input type="text"/>

**Средний балл** \_\_\_\_\_

**Состояние водоема** (нужно подчекнуть)

**< 6,0**

Плохое

**6,1-7,4**

Удовлетворительное

**7,5-8,9**

Хорошее

**> 9,0**

Отличное

Возможные причины обнаруженных проблем

---



---

Рекомендации

---



---

**Некоторые показатели качества воды, нормативы качества  
и характеристики унифицированных методов анализа  
ЗАО "Крисмас+"**

В таблице в графе «Показатель» приведены наименования показателей качества воды, определяемых рассматриваемыми в настоящем руководстве методами и средствами. Терминологически наименования показателей соответствуют названиям, используемым в нормативной литературе.

В графе «Определяемые компоненты» приведены наименования компонентов, определяемых при анализе соответствующих показателей. Наименования показателей и определяемых компонентов не всегда совпадают.

В графе «Определяемые концентрации» приведены значения концентраций, соответствующие диапазонам измерений при титриметрическом и фотоколориметрическом определении, либо при визуально-колориметрическом определении (по цветным образцам контрольной шкалы).

В графе «Методы» приведены основное наименование метода, характеризующее его физико-химические признаки, и дополнительный признак, характеризующий химизм метода. При описании использованы сокращения (приведены перед таблицей).

В графе «НТД» приведены ссылки на действующие нормативно-технические документы, по которым осуществляется определение, либо на профессиональные руководства по анализу. Отсутствие информации в данной графе означает, что для определения соответствующего показателя данным методом не предусмотрено действующего нормативного документа (методики выполнения измерений).

В графе «Норматив качества» приведены нормативы для питьевой воды и воды водоемов хозяйственно-питьевого назначения.

Сокращения в таблице:

- ВК — визуально-колориметрический;
- КБН — культурно-бытового назначения;
- ТМ — титриметрический;
- ФМ — фотоколориметрический;
- ХПН — хозяйственно-питьевого назначения;
- Э — экстракционный.



Приложение 2

Показатель	Опред. компоненты	Опред. концентрации	Объем пробы, мл	Методы	НТД	Норматив качества (ПДК)
Алюминий	$Al^{3+}$	0–0,5–2,0–6,0 мг/л	10	ВК, с алюминоном	ГОСТ 18165 ПНД Ф 14.1:2:4.166-2000 МВИ-06-151-11	0,5 мг/л
		0,05–1,0 мг/л	10	ФМ, с алюминоном (525 нм)		
Аммоний	$NH_4^+$	0–0,2–0,7–2,0–3,0 мг/л	5	ВК, с реактивом Несслера	ГОСТ 4192-82 ПНД Ф 14.1:2:4.262-10 МВИ-04-148-10	2,6 мг/л
		0,2–4,0 мг/л	5	ФМ, с реактивом Несслера (430 нм)		
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	Органические вещества	0,5–300 мг/л	500 мл (3 склянки)	ТМ, по Винклеру, с аэрированием и инкубацией проб	ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 ИСО 5815	2,0 мг/л
Двуокись углерода в воде	$CO_2$ растворенный	100–6000 мг/л	10	ТМ, с соляной кислотой	ГОСТ 23268.2-91	—
Железо	Сумма $Fe^{2+}$ и $Fe^{3+}$	0–0,1–0,3–0,7–1,0–1,5 мг/л	10	ВК, с ортофенантролином	ГОСТ 4011-72  МВИ-01-190-09	0,3 мг/л
		0,05–2,0 мг/л	10	ФМ, с ортофенантролином (502 нм)		
Кальций	$Ca^{2+}$	2–500 мг/л	10	ТМ, с трилоном Б	РД 52.24.403-2007 ИСО 6058	—
Карбонаты, гидрокарбонаты, щелочность	$HCO_3^-$ , $CO_3^{2-}$ , $OH^-$	30–1200 мг/л	10	ТМ, с соляной кислотой, фенолфталеином	ГОСТ 52963-2008 ПНД Ф 14.1:2.245-07 РД 52.24.493-2006	—
Кислород растворенный	Растворенный $O_2$ , биохимическое потребление кислорода	1,0–15,0 мг/л	100–200	ТМ, по Винклеру	РД 52.24.419-95 РД 52.24.420-95	4 мг/л (норма)

Приложение 2

Показатель	Опред. компоненты	Опред. концентрации	Объем пробы, мл	Методы	НТД	Норматив качества (ПДК)
Кислотность	Вещества, вступающие в реакцию с сильными щелочами	2–100 ммоль/л эквивалента	10	ТМ, с гидроксидом натрия	—	—
Кислотность почвы	pH	Качественно	2	ВК, с универсальным индикатором	—	—
Металлы	Сумма металлов (Cu, Zn, Pb)	0–0,1–0,3–0,5–1,0 мкмоль/л	25	ВК, Э с дитизином	—	Cu 10 мг/л Zn 5,0 мг/л Pb 0,03 мг/л
Мутность/прозрачность	Мутность/прозрачность	1–60 см 0–30,2 мг/л по каолину 0–52 ЕМФ	300	По шрифту	ГОСТ 3351-74 ИСО 7027	2,6 ЕМФ
Нефтепродукты	Масло и нефтепродукты	1–20 мг/л	200–250	Бумажно-хроматографический	—	0,1 мг/л
Нитраты	$\text{NO}_3^-$	0–1,0–5,0–10–20–45 мг/л	6	ВК, с альфа-нафтиламином, сульфаниловой кислотой и восстановителем	—	45 мг/л
Нитриты	$\text{NO}_2^-$	0–0,02–0,1–0,5–2,0 мг/л 0,02–0,9 мг/л	5	ВК, с реактивом Грисса	—	3,3 мг/л
			5	ФМ, с реактивом Грисса (525 нм)	МВИ-10-149-10	
Общая жесткость	Сумма $\text{Ca}^{2+}$ и $\text{Mg}^{2+}$	0,5–20 °Ж (ммоль/л эквивалента) 0,05–10 °Ж (ммоль/л эквивалента)	2,5–5–10 10–250	ТМ, капельное титрование, с трилоном Б ТМ, объемное титрование, с трилоном Б	— РД 52.24.395-2007 ИСО 6058	7,0 °Ж (ммоль/л эквив.)

Приложение 2

Показатель	Опред. компоненты	Опред. концентрации	Объем пробы, мл	Методы	НТД	Норматив качества (ПДК)
Окисляемость перманганатная	Органические соединения, легкоокисляемые	0,5–10 мгО/л	50	ТМ, метод Кубеля	ПНД Ф 14.1:2:4.154-99 ИСО 8467	5,0 мг/л
рН (водородный показатель)	$-\lg [H^+]$	4,5–5,0–5,5–6,0–6,5–7,0–8,0–8,5–9,0–10,0–11,0 ед. рН	5	ВК, с универсальным индикатором	—	6–9 ед. рН
ПАВ анионоактивные	Анионоактивные синтетические поверхностно-активные вещества	0–0,5–1,0–2,0–5,0 мг/л	10	ВК, с метиленовым голубым	—	0,5 мг/л
		0,1–1,0 мг/л	10	ФМ, с метиленовым голубым (620 нм)	МВИ-08-152-11	
Сероводород	$H_2S, HS^-, S^{2-}$	5–400 мг/л	50	ТМ, с ацетатом свинца	[4]	0,05 мг/л
Сульфаты	$SO_4^{2-}$	30–300 мг/л и более	2,5	ТМ, с хлоридом бария в присутствии ортанилового К	ПНД Ф 14.1:2.107-97 МВИ-15-142а-11	500 мг/л
Фенолы (фенольный индекс)	Летучие фенолы ( $C_6H_5OH$ и др.)	0–0,02–0,1–0,2–0,5 мг/л	250	ВК, с 4-аминоантипирином	—	0,001 мг/л
		0,002–0,05 мг/л	250	ФМ, с 4-аминоантипирином (470 нм)	МВИ-12-163-10	
Формальдегид	$CH_2O$	0–0,05–0,2–0,5–2,0 мг/л	10	ВК, с фенолгидразином и гексацианоферратом(III) калия	—	0,05 мг/л
		0,03–0,4 мг/л	10	ФМ, с фенолгидразином и гексацианоферратом(III) калия (525 нм)	МВИ-09-164-10	

Приложение 2

Показатель	Опред. компоненты	Опред. концентрации	Объем пробы, мл	Методы	НТД	Норматив качества (ПДК)
Фосфаты	Сумма $\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{H}_3\text{PO}_4$	0–0,5–1,0–3,5–7,0 мг/л	10	ВК, с молибдатом аммония и аскорбиновой кислотой ФМ, с молибдатом аммония и аскорбиновой кислотой (660 нм)	— МВИ-05-240-10	3,5 мг/л
		0,1–1,0 мг/л	10			
Фториды	$\text{F}^-$	0–0,2–0,7–2,0 мг/л	2,5	ВК, с лантан(III)ализаринкомплексом ФМ, с лантан(III)ализаринкомплексом (620 нм)	— ГОСТ 4386-89 МВИ-14-155-11	1,5 мг/л
		0,02–0,4 мг/л	2,5			
Хлор активный	Активный хлор в свободной и связанной формах ( $\text{Cl}_2$ , гипохлориты, хлорамины и т.п.)	0,3–0,5 мг/л 0,5–5,0 мг/л	250 50	ТМ, иодометрический с иодидом калия	ГОСТ 18190 ПНД Ф 14.1:2.113-97	0,3–0,5 мг/л (ост. своб.) 0,8–1,2 мг/л (ост. связ.)
Хлориды	$\text{Cl}^-$	4–1200 мг/л	1–250	ТМ, с нитратом серебра	МВИ-02-144-09	350 мг/л
Цветность	Цветность	0–30–100–300–1000 град. цветности	12	ВК, пленочная хром-кобальтовая шкала	ГОСТ Р 527-69-2007 МВИ-10-157-10	20 град. цветности
		0-10-20-30-40-60-100-300-500 град. цветности	12	ВК, хром-кобальтовая шкала (модельные эталонные растворы)		
		20–100 град. цветности	5	ФМ, хром-кобальтовая шкала (430 нм)		

**Комплектные изделия, расходные материалы  
и принадлежности производства ЗАО «Крисмас+»  
для исследований водоемов  
(Сокращенный прайс-лист)**

**Разделы**

1. Полевые комплектные лаборатории.
2. Ранцевые и модульные лаборатории.
3. Класс-комплекты и типовые комплекты оборудования.
4. Тест-комплекты.
5. Наборы и установки.
6. Тест-системы.
7. Средства контроля пищевых продуктов.
8. Принадлежности и специальное оборудование для полевых анализов.

**1. ПОЛЕВЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ**  
(экспресс-анализ воды, водных вытяжек, продуктов питания,  
удобрения, нефтепродуктов, на 100 анализов по каждому компоненту)

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
1	8.150	«Анализ удобрений», мини-экспресс-лаборатория, 12 видов удобрений	16 584
2	3.203	«ВХЭЛ», водно-химическая экспресс-лаборатория, котловая, 11 показателей	73 204
3	8.111	«КПЭ», комплект-практикум экологический, 15 показателей воды, воздуха, почвы	59 245
4	3.100	«НКВ», комплектная лаборатория исследования воды и почвенных вытяжек, полевая, базовый вариант, 16 показателей	50 809
5	3.100.1	«НКВ», комплектная лаборатория исследования воды и почвенных вытяжек, полевая, с набором-укладкой для фотокolorиметрирования «Экотест-2020-К»	90 339*
6	3.110	«НКВ-2», комплектная лаборатория исследования воды и почвенных вытяжек, полевая, модифицированная, 18 показателей	73 183
7	3.110.1	«НКВ-2», комплектная лаборатория исследования воды и почвенных вытяжек, полевая, модифицированная, с набором-укладкой для фотокolorиметрирования «Экотест-2020-К»	112 713*
8	3.040	«Пчелка-Н», комплектная лаборатория для определения нефтепродуктов в воде, 3 метода	14 915

\* Цена подлежит уточнению при оформлении заказа.

### Приложение 3

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
9	3.040	«Пчелка-Н», комплектная лаборатория для определения нефтепродуктов в воде, 3 метода, с набором для экстракции	22 779
10	8.013	«Пчелка-У/почва», мини-экспресс-лаборатория для учебных экологических исследований, почвенная, 8 показателей	22 449
11	8.012	«Пчелка-У/хим», мини-экспресс-лаборатория химическая, для учебных экологических исследований, 14 показателей	27 473
12	8.010	«Пчелка-У», мини-экспресс-лаборатория, для учебных экологических исследований, универсальная, 9 показателей	20 894
13	8011	«Пчелка-У/м», мини-экспресс-лаборатория, для учебных экологических исследований, модифицированная, 7 показателей	20 888
14	3.205	«СПЭЛ-У», санитарно-пищевая мини-экспресс-лаборатория, учебная, 17 показателей	2801
15	3.206	«Мёд», экспресс-лаборатория исследования мёда	11 247
16	3.141	«Фосфор», комплектная лаборатория для определения фосфора во всех формах в воде	12 879
17	3.141.1	«Фосфор» комплектная лаборатория для определения фосфора во всех формах в воде с набором-укладкой для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К»	52 409*

\* Цена подлежит уточнению при оформлении заказа

**2. РАНЦЕВЫЕ И МОДУЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ**  
**(экспресс-анализ воды, водных вытяжек, почвы,**  
**поверхностей, с применением модулей тест-комплектов**  
**в носимой ранцевой укладке на 100 анализов по каждому определяемому компоненту)**

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
18	3.130	«НКВ-Р», ранцевая полевая лаборатория исследования водоемов, с сачком гидробиологическим, 23 показателя	59 533
19	3.130.1	«НКВ-Р», ранцевая полевая лаборатория исследования водоемов с сачком гидробиологическим и набором-укладкой для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К», 23 показателя	99 063*
20	3.130.2	«НКВ-Р/м», ранцевая полевая лаборатория исследования водоемов малая, 18 показателей	41 434
21	3.131	«РПЛ-почва», ранцевая полевая лаборатория исследования почвы, 11 показателей	60 548
22	3.131.1	«РПЛ-почва», ранцевая полевая лаборатория исследования почвы, с кондуктометром DIST-4, 12 показателей	65 711*
23	3.131.2	«РПЛ-почва», ранцевая полевая лаборатория исследования почвы, с набором-укладкой для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К», 11 показателей	100 078*

\* Цена подлежит уточнению при оформлении заказа.

**3. КЛАСС-КОМПЛЕКТЫ И ТИПОВЫЕ КОМПЛЕКТЫ ОБОРУДОВАНИЯ  
для общего и профессионального образования**

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
24	3.600	«БЖЭ-1», комплект контрольного оборудования «Безопасность жизнедеятельности и экология», базовый (13 комплектов), 21 показатель воздуха, воды, водных вытяжек	70 699
25	8.015	«ФРХО», учебно-методический комплект «Факторы радиационно-химической опасности» для школьного кабинета ОБЖ (радиодозиметр «РАДЕКС-РД 1706», мини-экспресс-лаборатория «Пчелка-У», методическое руководство-практикум)	34 340*
26	8.300	«ЭХБ», («Экология, химия, биология»), класс-комплект-лаборатория, (1 набор учителя + 14 наборов учащегося в кейсах)	120 663
27	8.301	«ЭХБ», («Экология, химия, биология»), класс-комплект-лаборатория, (1 набор учителя + 14 наборов учащегося в коробках)	110 797
28	8.700	«Экологический практикум», типовой комплект оборудования	190 449
29	8.800	«Я — эколог», многофункциональная лаборатория	185 458
30	3.650	«ЭОС-1», («Экология и охрана окружающей среды»), типовой комплект оборудования, базовый, 5 установок	101 959
31	3.650.1	«ЭОС-2», («Экология и охрана окружающей среды»), типовой комплект оборудования, 6 установок (с установкой «Электрокоагуляционный метод очистки воды»)	149 588*

\* Цена подлежит уточнению при оформлении заказа.

**4. ТЕСТ-КОМПЛЕКТЫ  
(компактные подборки расходных материалов  
и принадлежностей для химического экспресс-анализа воды,  
водных вытяжек, материалов)**

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
<b>Тест-комплекты для экспресс-анализа питьевой и природных вод, почвенных вытяжек (на 100 анализов)</b>			
32	6.143	«Активный хлор»	2650
33	6.151	«Алюминий»	2650
34	6.148	«Аммоний»	2230
35	6.174	«Аскорбиновая кислота»	7830
36	6.169	«Вода в масле и нефтепродуктах»	10 072
37	6.158	«Гидразин»	2650
38	6.171	«Двуокись углерода в воде»	6993
39	6.167	«Емкость катионного обмена» (почва)	3111
40	6.190	«Железо»	2463

Приложение 3

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
41	6.147	«Кальций»	2463
42	6.170	«Карбонаты, щелочность»	2463
43	6.161	«Кислотность почвы»	752
44	6.176	«Кислотность»	2365
45	6.179	«Кремний»	8617
46	6.153	«Мутность/прозрачность»	1588
47	6.150	«Масло и нефтепродукты»	7862
48	6.162	«Металлы» (сумма Pb, Zn, Cu)	8238
49	6.201	«Мёд»	2367
50	6.145	«Нитраты»	2886
51	6.149	«Нитриты»	2027
52	6.146	«Окисляемость перманганатная»	7880
53	6.183	«Общая жесткость» (титрование пипеткой)	2436
54	6.180	«ОЖ-1» (капельное титрование)	1031
55	6.240	«Ортофосфаты»	2650
56	6.081	«РК-БПК» (растворенный кислород и биохимическое потребление кислорода)	10 824
57	6.160	«рН»	894
58	6.152	«ПАВ-А» (ПАВ анионоактивные)	7253
59	6.159	«Свинец»	2408
60	6.168	«Сероводород»	7483
61	6.148.3	«рН, ОЖ-1, аммоний»	3346
62	6.142	«Сульфаты»	2650
63	6.163	«Фенолы» (сумма летучих фенолов)	10 824
64	6.164	«Формальдегид»	3577
65	6.155	«Фториды»	7253
66	6.144	«Хлориды»	2408
67	6.157	«Цветность»	2596
68	3.253	Набор для экстракции	8988
<b>Тест-комплекты на основе тест-таблеток (на 20 анализов)</b>			
69	6.143.1	«Активный хлор Т»	1771
70	6.190.1	«Железо общее Т»	1861
71	6.191.1	«Медь Т»	1861
72	6.145.1	«Нитраты Т»	2374
73	6 183.1	«Общая жесткость Т»	2374
74	6.081.1	«Растворенный кислород Т»	2374
75	6.160.1	«рН Т»	1861
76	6.240.1	«Фосфаты Т»	1861
77	6.192.1	«Хром Т»	1861



**5. НАБОРЫ И УСТАНОВКИ**  
(целевые подборки оборудования и принадлежностей)

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
78	3.130.4	Набор для гидробиологических исследований	4120
79	3.130.5	Набор для гидробиологических исследований с сачком СГС	7200
79а	3.130.6	Набор для гидробиологических исследований с сачком СГС и сетью гидробиологической	12 950
80	8.300.1	Набор учителя «ЭХБ 8.300.1»	24 498
81	8.300.2	Набор учащегося для экологического практикума «ЭХБ 8.300.2» (в коробке)	6290
82	8.300.3	Набор учащегося для экологического практикума «ЭХБ 8.300.3» (в кейсе)	6995
83	3.800	«Юный химик», набор химико-экологический	3987

**6. ТЕСТ-СИСТЕМЫ**  
(наиболее простые средства экспресс-анализа воды, воздуха)

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
<b>Тест-системы для экспресс-контроля воды и материалов</b>			
84	7.10	«Активный хлор», 100 анализов	374
85	7.11	«Железо (2)», 100 анализов	374
86	7.13	«Железо общее», 100 анализов	355
87	7.14	«Медь», 100 анализов	355
88	7.15	«Никель», 100 анализов	355
89	7.16	«Сульфид-тест», 100 анализов	355
90	7.17	«Нитрат-тест», 100 анализов	418
91	7.17.1	«Нитрат-тест», 20 анализов	146
92	7.18	«Нитрит-тест», 100 анализов	418
93	7.19	«Хромат-тест», 100 анализов	374
94	7.20	«рН», 100 анализов	374
<b>Тест-системы для экспресс-контроля продуктов питания</b>			
		См. в разделе 7 настоящего приложения	

**7. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
95	3.204	«СПЭЛ», санитарно-пищевая мини-экспресс-лаборатория, 18 показателей	10 272
96	3.205	«СПЭЛ-У», санитарно-пищевая мини-экспресс-лаборатория, учебная, 17 показателей	2801

### Приложение 3

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
97	6.174	«Аскорбиновая кислота», тест-комплект	7830
98	6.161	«Кислотность почвы», тест-комплект	752
99	3.206	«Мед», экспресс-лаборатория исследования мёда	11 247
100	6.201	«Мед», тест-комплект	2367
101	7.24	«Свежесть рыбы», 50 анализов	429
102	7.25	«Пероксидаза», 50 анализов	561
103	7.26	«Свежесть молока», 20 анализов	633
104	7.27	«Доброкачественность мяса», 50 анализов	523
105	7.28	«Сода в молоке», 50 анализов	358
106	7.29	«Активный хлор Д», 50 анализов	523
107	7.30	«Фенофтал», 50 анализов	413
108	7.17	«Нитрат-тест», 100 анализов	418
109	7.17.1	«Нитрат-тест», 20 анализов	146

### 8. ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И СПЕЦИАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛЕВЫХ АНАЛИЗОВ

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
110	3.130.3	Сачок специальный гидробиологический «ССГ»	3165
111	3.130.4	Сеть гидробиологическая (3 x 1 x 0,4 м)	6556
112	7.300-7.321	Цветные контрольные шкалы для визуального колориметрирования, водозащищенные (22 шт.)	216 (за 1 шт.)
113	3.130.6	Укладка для полевых выездов ранцевая (70 л, 14 отделений)	9 448
114	3.130.7	Укладка для полевых выездов ранцевая малая (20 л, 8 отделений)	7714
115	3.300	Набор-укладка для фотоколориметрирования «Экотест-2020-К» с запрограммированным расчетом концентраций компонентов (на основе полевого фотоколориметра-концентраметра «Экотест-2020», сборник МВИ, 8 светодиодов, принадлежности, аксессуары, водозащитный контейнер, с поверкой)	39 530*
116	—	pH-метры («рН 410»)	13 167*
117	—	Кондуктометр (типа DIST1, DIST2, DIST4 и др.)	Договорная

\* Цена подлежит уточнению при оформлении заказа.

**9. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ**

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
118		Измерительные комплекты — специальные подборки реактивов, растворов, специальных принадлежностей и посуды под действующие нормативные документы на выполнение химических измерений, включая нормативный документ.	Запрашивайте прайс-лист № 5

**10. КОМПЛЕКТЫ ПОПОЛНЕНИЯ**

№ п/п	№ заказа	Наименование продукции	Цена с НДС, руб. на 01.06.2012
119		Индикаторные трубки для пополнения мини-экспресс-лабораторий и типовых комплектных изделий	Запрашивайте прайс-лист №1
120		Комплекты пополнения реактивов, растворов, расходных материалов	50–70% от стоимости изделий
121		Аналитические растворы и реактивы для пополнения комплектных изделий	Запрашивайте прайс-лист № 7

**Запрашивайте прайс-листы ЗАО «Крисмас+»  
(размещены на <http://www.christmas-plus.ru/pricelist>):**

Индикаторные трубки (типов ТИ, С2, ГХ-Е, ГХ-М) и принадлежности отечественного производства для химического экспресс-контроля воздуха и промышленных выбросов Прайс-лист № 1

Комплектные изделия, расходные материалы и принадлежности для химического анализа производства ЗАО «Крисмас+» Прайс-лист № 4

Измерительные комплекты производства ЗАО «Крисмас+» Прайс-лист № 5

Аналитические растворы и реактивы Прайс-лист № 7

Учебно-методическая литература Прайс-лист № 8

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stream Visual Assessment Protocol. NWCC. Technical Note 99–1. 36 p.
2. Volunteer Stream Monitoring: A Methods Manual. EPA. 1997, 210 p.
3. *Муравьев А.Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами / Изд. 3-е, перераб. и дополн. — СПб.: «Крисмас+», 2004.
4. *Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р.* Оценка экологического состояния почвы: Практическое руководство / Под ред. А.Г. Муравьева. — СПб.: «Крисмас+», 2008. — 216 с., илл.
5. *Коробейникова Л.А. и др.* Комплексная экологическая практика школьников и студентов. Программы. Методики. Оснащение. Учебно-методическое пособие / Под ред. Л.А. Коробейниковой / Изд. 3-е, исправ. и допол. — СПб.: «Крисмас+»,
6. *Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И.* Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1977.— 512 с.
7. *Woodiviss F.* The Biological system of stream classification used by the Trent River Authority. Chemistry & Industry, 1964. P. 443–447.
8. *Катанская В.М.* Высшая водная растительность континентальных водоемов. — Л. 1981. — 187 с.
9. *Распопов И.М.* Мониторинг высшей водной растительности // Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. — СПб., 1992. — С. 173–244.
10. *Хеслам С.М.* Макрофиты и качество водотока // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. — Л., 1977. — С. 215–220.
11. Макрофиты — индикаторы изменений природной среды. — Киев, 1993. — 433 с.
12. Практическое руководство по оценке экологического состояния малых рек: Учебное пособие для сети общественного экологического мониторинга / Под ред. д.б.н. В. В. Скворцова / Изд. 2-е, перераб. и доп. — СПб.: «Крисмас+», 2006. — 176 с.
13. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. к.х.н. А. Г. Муравьева. — СПб.: «Крисмас+», 2011. — 264 с., илл.
14. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: Учебное пособие / Т.И. Прожорина, Н.В. Каверина, А.Н. Никольская, А.Г. Муравьев и др. — Воронеж: «Истоки», 2010. — 304 с.
15. Экспресс-анализ экологических проб: Практическое руководство / Ю.С. Другов, А.Г.Муравьев, А.А.Родин. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний — 2010. — 424 с.: ил.

---

## АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

1. Полевой определитель пресноводных беспозвоночных / Сост. А. Полоскин, В. Хайтов. — М., 2006.— 16 с.

Переиздание вышедшего в 2000 году небольшого атласа-определителя. Удобен для начинающих знакомство с пресноводной фауной Северо-Западного региона России, выдержал многолетнюю поверку группами юннатов СПбГДТЮ. Определитель доступен on-line по адресу <http://www.wwf.ru/publ/book/185>.

2. Летние школьные практики по пресноводной гидробиологии. Методическое пособие / Сост. С.М. Глаголев, М.В. Чертопруд / Под ред. М.В. Чертопруда. — М.: Добро-свет, МЦНМО, 1999.— 288 с.

Методическое пособие по проведению полевых практик со школьниками содержит ключ и атлас для определения основных групп пресноводных беспозвоночных (и некоторых позвоночных) Центрального региона России.

3. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под общ. ред. С. Я. Цалолихина. — В 6 томах.— СПб.: Наука, 1994–2004.

Многотомный подробнейший определитель всех таксонов пресноводных беспозвоночных для специалистов. Рекомендуется тем, кто всерьез занимается фаунистикой.

4. *Хейсин Е.М.* Краткий определитель пресноводной фауны. — Л.-М.: Учпедгиз, 1951. — 160 с.

Добротный определитель пресноводных беспозвоночных, снабженный замечательными рисунками. Подойдет как для начинающих гидробиологов, так и для более детального изучения фауны пресноводных водоемов. Несмотря на то, что выдержал несколько переизданий, к сожалению, в настоящее время — библиографическая редкость.

5. *Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И.* Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР.— Л.: Гидрометеиздат, 1977.— 512 с.

Подробный определитель пресноводной фауны, предназначенный в основном для установления индикаторных индексов. Особое внимание уделяется важным в этом отношении видам беспозвоночных

---

## Алфавитный указатель

### А

Аммоний – 54, **98**, 207

### Б

Биогены 53

Биоиндикация – 156

– биотический индекс Вуддивиса – 191

– биотический индекс Майера – 189

– индекс рейтинга ручья – 194

– отбор проб – 158

– первичная обработка результатов – 167

– расчет биотических индексов – 188

Биотические индексы

– Вуддивиса – 191

– Майера – 189

Биохимическое потребление кислорода – 55, 81, **82**, 209

Бумага индикаторная универсальная – 104

### В

Визуальная оценка экологического состояния – 14, 31, 43, 47

Водосбор – 12

Водоток – 12

Высшая водная растительность – 196

### Г

Гидрокарбонаты – 51, 87, **91**, 209

### Д

Диск Секки – 75

### Ж

Железо – 54, 101, **102**, 209

Жесткость воды 52, 87

Жесткость карбонатная 87, **93**,

### З

Запах – 50, 67, **68**

### К

Карбонаты – 51, 87, **90**, 209

Кислород растворенный – 55, **111**, 209

Кислородная склянка – 83

### М

Мерная склянка – 58, 90, 91, 96, 104, 109, 123, 130, 136

Мерный шприц с наконечником – 90, 91, 124, 136

Мутность – 70, **71**, 72

### Н

Нитраты – 105, **106**, 210

### О

Органолептические показатели – 49, **66**

Отбор проб беспозвоночных в ручье – с илистым дном – 162

– с каменистым дном – 160

Оценка качества воды – 145

### П

Паводок – 16

Прибрежная зона – 17

Пробирка – 58, 72, 78, 86, 100

Прозрачность – 50, **70**, 210

### Р

рН (водородный показатель) – 50, **85**, 211

Река – 12

Ручей – 159, 161, 162

**С**

Сачок гидробиологический – 164

Сеть гидробиологическая – 165

Сульфаты – 51, 122, **123**, 209

**Ф**

Фосфор 54, 126, **129**, 210

**Х**

Хлориды – 51, **134**, 210

**Ц**

Цветность – 50, 76, **77**, 210

Цилиндр стеклянный – 73

**Щ**

Щелочность – 53, 87, **92**, 207

**Примечание.** Жирным шрифтом выделены номера страниц, на которых находятся описания методик определения показателей.

Указатель латинских названий

**A**

Acari – 175, 193

Aeschna sp. – 187

Amphipoda – 183, 190

Anadonta sp. – 178

Anax sp. – 187

Anisoptera – 187

Annelida

Aplexa sp. – 176

Arthropoda – 172

Asellus aquaticus – 183, 192

Astacus sp. – 183

Atherix sp. – 186

**B**

Baetis rhodani – 192, 193

Bithynia tentaculata – 177

Bithynidae – 177

Bivalia – 171, 190

**C**

Ceratopogonidae – 184

Chironomidae – 185, 190, 193

Chironomus sp. – 185, 192

Chironomus thummi – 193

Coleoptera – 179, 193

Cordulegaster sp. – 187

Cordulia sp. – 187

Crustacea – 175, 190, 193

Culicoides sp. – 184

**D**

Decapoda – 183, 190

Diptera – 180, 190

Dreissena polymorpha – 178

Dreissenidae – 178

**E**

Ephemeroptera – 182, 190, 193

Eristalis sp. – 184, 192

**G**

Gammarus lacustris – 183

Gammarus sp. – 192

Gastropoda – 171

Gomphus sp. – 187

**H**

Hemiptera – 193

Heteroptera – 179

Hirudinea – 173, 190, 193

**I**

Isopoda – 189, 190

Insecta – 174, 190

## Алфавитный указатель

---

### L

Libellula sp. – 187  
Limnaea  
– auricularia – 177  
– ovata – 177  
– stagnalis – 177  
– runcatula – 177  
Limnaeidae – 177, 190

### M

Megaloptera – 182, 190, 193  
Mollusca – 171, 190, 193

### N

Nais – 193

### O

Odonata – 181, 190  
Oligochaeta – 173, 190, 193

### P

Physidae – 176  
Planobidae – 176, 190  
Plathelminthes – 172, 193  
Plecoptera – 182, 190, 193  
Physa fontinalis – 176  
Pisidium sp. – 178  
Planorbis corneus – 176

### R

Rhagionidae – 186

### S

Simulidae – 185, 193  
Simulium sp. – 185  
Somatochlora sp. – 187  
Sphaeridae – 178  
Sphaerium sp. – 178  
Sympetrum sp. – 187  
Syrphiidae – 184

### T

Tabanidae – 186  
Tabanus sp. – 186  
Tipula sp. – 185  
Tipulidae – 185  
Trichoptera – 181, 190, 193  
Turbellaria – 172

### U

Unio sp. – 178  
Unionidae – 178

### V

Valvata  
– cristata – 177  
– piscinalis – 177  
Valvatidae – 177  
Viviparidae – 177, 190  
Viviparus sp. – 177

### Z

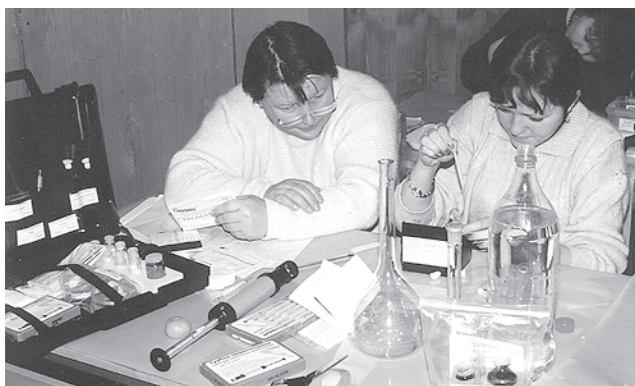
Zygoptera – 187



## Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+»

# УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Учебный центр ЗАО «Крисмас+» проводит обучение и стажировку по приемам и методам работы с оборудованием для учебных экологических исследований и мониторинга состояния окружающей среды, а также лабораторными приборами и оборудованием, производимыми и поставляемыми научно-производственным объединением ЗАО «Крисмас+».



Работа осуществляется совместно с региональным специализированным органом по сертификации образовательных услуг при ЗАО «Крисмас+», входящим в систему добровольной сертификации «УЧСЕРТ» Российской академии образования (аттестат аккредитации № RU.ИОСО.11006).

Центр работает с учителями школ, педагогами дополнительного образования, преподавателями вузов, студентами и курсантами.

Обучение, стажировка и консультирование проводятся очно и заочно, с отрывом и без отрыва от работы.

Расходы на проезд до Санкт-Петербурга, питание и проживание несет направляющая сторона.

С обучаемыми работают опытные методисты системы повышения квалификации педагогов и специалисты.

Обучение проводится по мере формирования групп и заявок на стажировку.

Заявки могут подаваться от образовательных учреждений, органов образования, педагогических коллективов, общественных организаций, а также от физических лиц. Выдаются сертификаты единого образца.

### С заявками обращаться:

191119, Санкт-Петербург,  
ул. Константина Заслонова, д. 6  
Факс: (812) 325-34-79  
Тел./факс: (812) 575-55-43,  
575-50-81, 575-54-07  
E-mail: [metodist@christmas-plus.ru](mailto:metodist@christmas-plus.ru)  
<http://www.christmas-plus.ru>  
<http://крисмас.пф>





**Эколого-биологический центр  
«Крестовский остров» —  
один из отделов  
Санкт-Петербургского Городского  
Дворца творчества юных.  
Центр включает в себя  
современную оранжерею, дендропарк,  
мини-зоопарк, компьютерный класс,  
химико-аналитическую и другие  
прекрасно оснащенные научно-  
исследовательские лаборатории,  
в которых занимаются более  
1,5 тысяч учащихся от 3 до 18 лет.**

В центре работают высококвалифицированные педагоги, в числе которых 2 доктора и 14 кандидатов наук. Среди воспитанников центра — победители международных и всероссийских олимпиад, лауреаты Президентской премии по поддержке талантливой молодежи. Все учащиеся, успешно освоившие образовательные программы Центра, получают «Свидетельство о дополнительном образовании».

ЭБЦ «Крестовский остров» предоставляет широкий спектр образовательных услуг.

**Для дошкольников 3–6 лет:** путешествие в сказочную страну «Чудомир». Программа включает изучение природы, творческие мастерские, музыкальные занятия, занятия с логопедом и психологом, коммуникативные игры. На занятия из мини-зоопарка и оранжереи ЭБЦ приходят в гости животные и растения, которые можно поддержать в руках и узнать об их жизни много интересного.

**Для учащихся 1–4 классов:**

- Занятия по программе «Мир природы». Юные любители природы смогут узнать больше об окружающем мире: растениях и животных, устройстве Космоса, истории Земли, попасть на увлекательные экскурсии по паркам и пригородам Санкт-Петербурга, сделать первые шаги в мир научных исследований;

- Программа «Ступени творчества». Ребята осваивают работу с природными материалами, бумагой, красками, тканью, научатся создавать подарки и сувениры своими руками.

**Для учащихся 5-10 классов:**

- Лаборатория экологии морского бентоса (гидробиологии);
- Лаборатория экологии животных и биомониторинга ЭФА (увлекательная экология, экология животных, микробиология, основы экологической химии, палеонтология);
- Лаборатория орнитологии «Larus»;
- Сектор зоологии («Лесные соседи», зоология с основами экологии, зоология с основами этологии, биология домашних и экзотических животных, аквариумистика, энтомология);
- Лаборатория ботаники;
- Студия флордизайна (основы дизайна и флористики, аранжировка цветов, цветоводство, «Цветы и эльфы» — изготовление кукол из полимерных пластиков);

- Отдел агробиологии (ландшафтный дизайн, основы современного цветоводства и растениеводства, ресурсоведение, агроэкология, почвоведение);
- Лаборатория информационных технологий — начальный и продвинутый уровень пользования ПК.

**Для учащихся 8–11 классов**, желающих поступить в ВУЗы медицинского и биологического профиля:

- Малый Медицинский факультет (основы общей биологии, анатомия и физиология человека, практическая медицина);
- Отделение общей биологии (введение в общую биологию, физиология поведения, генетика, цитология, гистология, эмбриология, общая физиология).

**Запись в коллективы Центра** проводится ежегодно в первую декаду сентября с 15 до 19 часов кроме воскресений.

**На платной основе проходят занятия с дошкольниками, а также работают следующие курсы:** цикл занятий «Биология и химия для поступающих в ВУЗы», лекторий «Анатомия и медицина».

**Методическая служба** эколога-биологического центра «Крестовский остров» готова оказать всестороннюю помощь в проведении индивидуальных консультаций и семинаров, мастер-классов и тематических педсоветов.

**Специалисты Центра организуют олимпиады школьников по биологии, экологии, медико-биологическую олимпиаду.** На базе Центра проводятся консультации для педагогов и школьников, проводится подготовка сборных команд Санкт-Петербурга на Всероссийский этап олимпиад.

**ЭБЦ организует и проводит увлекательные конкурсы для школьников города:** «Биопрактикум», «Соседи по планете», «Новый век — новые ресурсы». Школьники, могут принять участие в **конференциях** «Будущее сильной России в высоких технологиях», «Ученые будущего», «Человек и его здоровье».

**Центр проводит тематические занятия** в учебных лабораториях и музейных экспозициях по главам школьного курса биологии, а также **экскурсии** по мини-зоопарку, дендропарку, аквариальной и оранжереям. В Центре работает постоянная экспозиция «По следам Сайруса Смита», рассказывающая о том, как без компаса и навигатора правильно сориентироваться в пространстве, как работает акваланг, подзорная труба и многое другое. Ежегодно в августе-сентябре в Центре проводится выставка живых тропических бабочек.

**Телефон для заказа экскурсий: (812) 237-04-18.**

**Наш адрес: Крестовский проспект, дом 19. Телефон для справок: (812) 237-07-38.**

**Наш сайт: [www.eco-bio.spb.ru](http://www.eco-bio.spb.ru).**

Здесь можно получить информацию об интересующих вас коллективах и мероприятиях Центра, познакомиться с новостями, фотографиями и схемой нашего расположения.



**Научно-производственное объединение**

**ЗАО «Крисмас+»**

191180 Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, д. 102.

191119 Санкт-Петербург, ул. Константина Заслонова, д. 6.

Тел. (812)575-5081, 575-5407, 575-5543, 575-5791, 575-8814

Факс (812)325-34-79 (круглосуточно).

E-mail: [info@christmas-plus.ru](mailto:info@christmas-plus.ru)

<http://www.christmas-plus.ru>, <http://крисмас.рф>



**Представительство в Москве:**

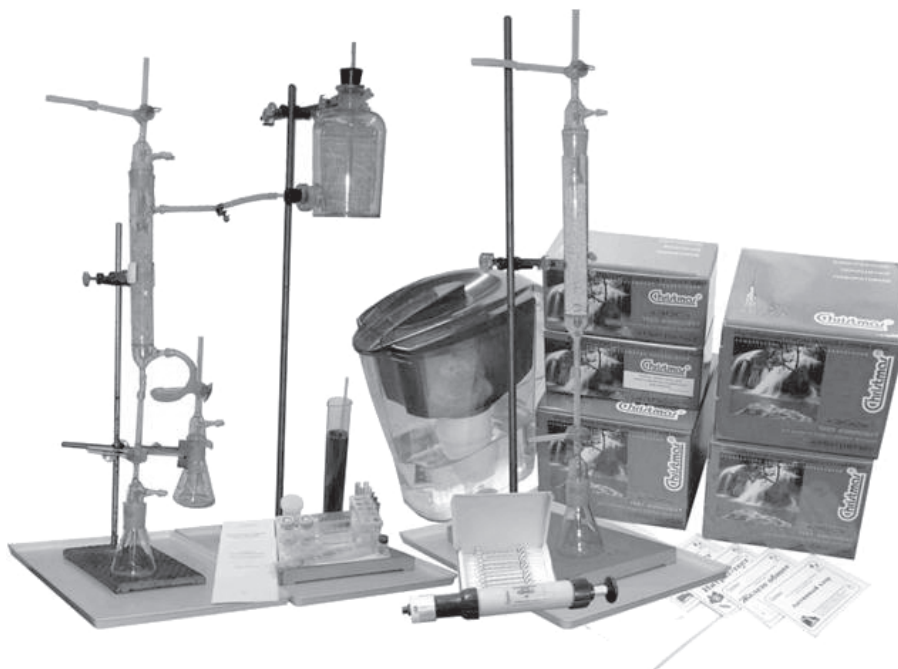
**ЗАО НПО «Крисмас-Центр»**

109316, Москва, Остаповский проезд, д. 13, офис 102

Тел./факс (495) 795-24-98

E-mail: [info@ccenter.msk.ru](mailto:info@ccenter.msk.ru)





**ЗАО «Крисмас+» осуществляет производство и поставки комплектного оборудования для экологического и специального практикума, учебно-научной работы в общем, профессиональном и дополнительном образовании**



**Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+»  
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД  
К ОСНАЩЕНИЮ ОТРАСЛЕВЫХ, НАУЧНЫХ  
И УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ**

**Изготовление и поставка средств химического контроля  
объектов окружающей среды**  
(тест-комплекты, портативные лаборатории, индикаторные трубки,  
тест-системы и т.д.)

**Изготовление и поставка лабораторного оборудования,  
приборов, оргтехники, их пусконаладка**

**Изготовление и монтаж металлической и металлокаркасной  
лабораторной и кабинетной мебели**

**Обеспечение расходными материалами**  
(химические реактивы, среды питательные, ГСО, стандарт-титры,  
посуда, инструментарий)

**Обеспечение нормативно-методическими и справочными документами,  
а также учебной литературой**

**Разработка дизайн-проекта лабораторных и кабинетных помещений,  
проведение подготовительных ремонтных работ**

**Обучение персонала**

**Гарантийное и сервисное обслуживание**

**Консалтинг, сертификация и метрологическое сопровождение**

**Научно-производственное объединение ЗАО «Крисмас+»**

191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки, 102.

191119, Санкт-Петербург,

ул. Константина Заслонова, д. 6.

Тел./факс: (812) 325-34-79, 713-20-38.

Тел.: (812) 575-54-07, 575-50-81, 764-61-42.

E-mail: info@christmas-plus.ru

**Представительство в Москве:**

**ЗАО НПО «Крисмас-Центр»**

109316, Москва, Остаповский проезд,

д. 13, офис 102.

Тел./факс: (495) 795-24-98.

E-mail: info@ccenter.msk.ru

<http://www.christmas-plus.ru>

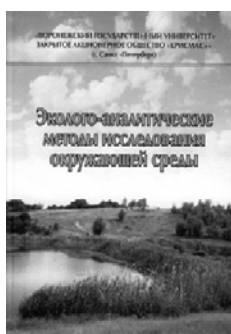
<http://крисмас.рф>

**Литература для образовательных учреждений  
по практической оценке окружающей среды  
и методике экологически ориентированной учебной деятельности**



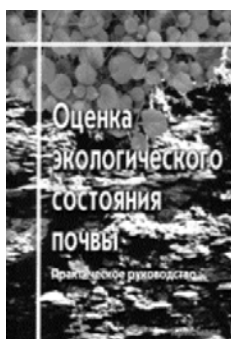
Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. А. Г. Муравьева. – СПб.: Крисмас+, 2011. – 264 с.

Муравьев А.Г., Пугал Н.А., Лаврова В.Н. Экологический практикум: Учебное пособие с комплектом карт-инструкций / Под ред. А.Г. Муравьева. – 2-е изд., испр. – СПб: Крисмас+, 2012. – 176 с.



Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: Учебное пособие. – Воронеж: Издательство «Истоки», 2010. – 304 с.

Руководство по применению мини-экспресс-лаборатории «Пчелка-У» и её модификаций при учебных экологических исследованиях. – СПб: Крисмас+, 2006. – 136с.



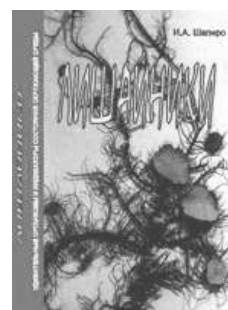
Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. – СПб: «Крисмас+», 2008. – 216 с.

Юный химик, или занимательные опыты с веществами вокруг нас. Иллюстрированное пособие для школьников, изучающих естествознание, химию, экологию. – издание 2-е, перераб. и доп. – СПб: Крисмас+, 2006. – 120с.



Экологический мониторинг. Программа факультативного курса для учащихся 9–11 классов / Сост. Муравьев А.Г. – Изд. 3-е, перераб. и дополн. – СПб.: Крисмас+, 2008. – 48 с.

Лишайники: удивительные организмы и индикаторы состояния окружающей среды. Пособие для учителей и старшеклассников. И.А. Шапиро. – СПб.: Крисмас+, 2003. – 108 с.



**Исследование  
экологического состояния  
водных объектов.  
Руководство по применению  
ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р»**

Под ред. А. Г. Муравьева

Корректор *И. В. Чеботалева*  
Оформление и компьютерная верстка *Ю. Н. Дрюкова*

Подписано в печать 21.05.2012.  
Формат 70 × 100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл. печ. л. 18,85. Тираж 1000 экз.  
Заказ .

Издательство ЗАО «Крисмас+»  
191180, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 102.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ГУП «Типография «Наука»  
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12.