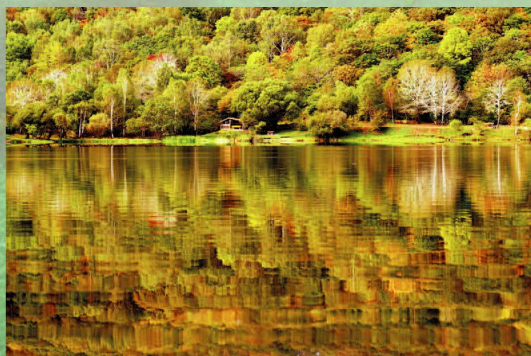




ВВЕДЕНИЕ В БИОМОНИТОРИНГ ПРЕСНЫХ ВОД

Учебное пособие



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии ДВО РАН
Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса (ВГУЭС)
Тихоокеанский институт биоорганической химии
им. Г.Б. Елякова ДВО РАН
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)

ВВЕДЕНИЕ В БИОМОНИТОРИНГ ПРЕСНЫХ ВОД

Учебное пособие

*Дипломант Седьмого Дальневосточного
регионального конкурса изданий высших
учебных заведений «Университетская книга –
2019» в номинации «Лучшее издание
по естественным наукам»*

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2019

УДК 584
ББК 20.1
В24

Рецензенты: *Е.А. Макаrenchенко*, д-р биол. наук, главный научный сотрудник, профессор, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН;
Е.В. Тарасова, канд. геогр. наук, доцент, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

Введение в биомониторинг пресных вод : учебное пособие /
В24 Т.С. Вшивкова, Н.В. Иваненко, Л.В. Якименко, К.А. Дроздов. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. – 240 с.

ISBN 978-5-9736-0483-7

Изложены основы технологии пресноводного биомониторинга с включением теоретической и практической частей, даны методики проведения оценки качества вод с помощью химико-микробиологических и биологических методов на основе простых, но адекватных технологий. Особое внимание уделено современным методам биоиндикации с использованием водных беспозвоночных, представляющих передовое направление пресноводного мониторинга; раскрыты методы определения основных групп беспозвоночных, представлена характеристика индикаторных таксонов и комплексов, а также приводятся основные метрики и биотические индексы, на основании которых производится оценка качества воды. Описаны практические действия по осуществлению биомониторинга, изложен алгоритм работы эксперта при проведении научно-общественных экспертиз.

Для студентов, обучающихся по образовательным программам бакалавриата 05.03.06 и магистратуры 05.04.06 «Экология и природопользование»; представляет интерес для экологических организаций и сотрудников природоохранных и надзорных органов, специализирующихся в области охраны и контроля пресных вод.

УДК 584
ББК 20.1

ISBN 978-5-9736-0483-7

- © ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», оформление, 2019
- © ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, ТИБОХ ДВО РАН, ДВФУ, 2019
- © Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В., Якименко Л.В., Дроздов К.А., текст, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Часть I. ОСНОВЫ ПРЕСНОВОДНОГО МОНИТОРИНГА	8
Глава 1. Экологический мониторинг пресных вод	9
1.1. Предмет экологического мониторинга	9
1.2. Экологический контроль и его задачи	11
1.3. Международные системы пресноводного биоассессмента	12
1.4. Комплексный мониторинг	14
Глава 2. ПОВЕРХНОСТНЫЕ (КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ) ВОДОЁМЫ И ИХ НАСЕЛЕНИЕ	18
2.1. Типы континентальных водоёмов и местообитания гидробионтов	18
2.1.1. Текучие воды (лотические)	18
2.1.2. Стоячие воды (лентические)	21
2.1.3. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы	23
2.2. Водные беспозвоночные	26
2.2.1. Жизненные формы гидробионтов	26
2.2.2. Амфибиотические насекомые. Водные фазы. Имаго	34
2.3. Макрофиты	35
2.4. Водоросли	37
Глава 3. ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОНИТОРИНГА ВОДОТОКОВ	40
3.1. Структурные элементы пресноводной экосистемы	40
3.1.1. Экорегион. Пресноводные экорегионы мира	40
3.1.2. Элементы речного бассейна и речного русла	41
3.2. Дискретность и континуальность в распределении бентоса	46
3.3. Органическое вещество в водотоках и способы его утилизации гидробионтами. Функционально-трофические группировки	48
3.4. Донные сообщества и их структура	50
3.4.1. Видовая структура	51
3.4.2. Пространственная структура	52
3.4.3. Трофическая структура	53
3.5. Стабильность биогеоценозов	53
3.6. Источники антропогенного загрязнения	54
Глава 4. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ	60
4.1. Отбор проб на химический анализ	60
4.2. Отбор проб на микробиологический анализ	66
4.3. Методы сбора водорослей	71
4.4. Методы отбора макрозообентоса	73
4.4.1. Отбор количественных проб	73

4.4.2. Отбор условно количественных проб	76
4.4.3. Качественные пробы	79
4.4.4. Процедуры отбора проб.....	79
4.5. Сбор имаго амфибиотических насекомых	86
4.6. Камеральная разборка бентосных и имагинальных проб	89
Глава 5. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД	94
5.1. Оценка качества вод по химическим показателям	94
5.2. Оценка качества вод по микробиологическим показателям.....	112
5.3. Оценка качества вод по показателям водорослей	115
5.4. Оценка качества вод по показателям водных беспозвоночных	121
5.4.1. Биотические метрики	121
5.4.2. Биотические индексы	123
5.5. Оценка качества вод по комплексным показателям.....	134
5.5.1. Интегральные индексы	134
5.5.2. Заключительный этап оценки экологического состояния по международным и российским стандартам	137

Часть II. ВОДНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ – ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ139

Глава 6. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ	140
6.1. Классификация водных беспозвоночных	140
6.2. Основные группы зообентоса.....	140
6.2.1. Губки – porifera (spongia).....	141
6.2.2. Стрекающие.....	141
6.2.3. Нематоды.....	142
6.2.4. Волосатики.....	143
6.2.5. Плоские черви	144
6.2.6. Олигохеты	144
6.2.7. Пиявки.....	145
6.2.8. Мшанки.....	146
6.2.9. Моллюски.....	147
6.2.10. Тихоходки	147
6.2.11. Ракообразные	148
6.2.12. Водяные клещи.....	153
Глава 7. ВОДНЫЕ НАСЕКОМЫЕ – ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ.....	161
7.1. Классификация.....	161
7.2. Отряды амфибиотических и насекомых.....	162
7.2.1. Подёнки	162
7.2.2. Стрекозы.....	162
7.2.3. Веснянки.....	163
7.2.4. Водные клопы	164
7.2.5. Жесткрылые или жуки.....	164
7.2.6. Большекрылые или вислокрылки.....	165
7.2.7. Сетчатокрылые	166
7.2.8. Ручейники	167
7.2.9. Бабочки или чешуекрылые	168
7.2.10. Перепончатокрылые.....	169
7.2.11. Двукрылые	169

Часть III. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРЕСНОВОДНОГО МОНИТОРИНГА	171
Глава 8. ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ.....	172
8.1. Район исследований. Карты местности	172
8.2. Выбор мест отбора проб. Фоновые и тестируемые станции. Выбор пробоотборников. Составление схемы отбора проб.....	174
Глава 9. АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГА. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КАРТАМИ.....	179
9.1. Этапы экологического мониторинга.....	179
9.2. Физические и биотические параметры среды, рекомендуемые для учёта при проведении мониторинга.....	182
9.3. Современные методы мониторинга	188
СПИСОК НОРМАТИВНЫХ И ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ	191
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	191
Приложения	196
<i>Приложение А. Словарь терминов.....</i>	<i>196</i>
<i>Приложение Б. Регистрационные листы (полевые, коллекционные, электронные для базы данных).....</i>	<i>224</i>
Регистрационная полевая карточка	225
Экологический паспорт водотока	226
<i>Приложение В. Список материалов и оборудования, необходимых для проведения мониторинга</i>	<i>229</i>
<i>Приложение Г. Семейства водных беспозвоночных дальневосточной фауны с указанием толерантных значений (TV) и принадлежности к функционально-трофическим группировкам (FFGs).....</i>	<i>230</i>
<i>Приложение Д. Примеры обращений в государственные административные, надзорные и природоохранные органы.....</i>	<i>236</i>
Пример обращения в надзорные органы	238

ВВЕДЕНИЕ

Необходимой и в то же время конечной субстанцией для жизни всех организмов, живущих на Земле, является вода. Хотя водами покрыто более 70% земной поверхности, 97% представлены солёными водами морей и океанов. Около 80% пресных вод Земли находятся в замерзшем виде (ледники, снежники) и не используются земной биотой. Вода, пригодная для использования, распространена по поверхности планеты очень неравномерно. Например, всего 15 крупнейших рек Земли несут 1/3 всех поверхностных вод суши. С ростом численности населения и индустриализации общества вода используется всё более интенсивно, что приводит к деградации пресноводных ресурсов, их истощению и загрязнению. Наиболее остро вопрос качества вод стоит в развивающихся странах, где уже около миллиарда людей испытывают недостаток в питьевой воде. Качество и количество воды становятся самыми насущными проблемами человечества в XXI веке.

Начиная с 50-х годов масштаб интенсивного освоения Дальнего Востока и связанного с ним антропогенного стресса на водные объекты стал увеличиваться. Перестроечный период и последовавший индустриальный кризис на некоторое время дали «передышку» природе. Однако сейчас, в условиях развивающейся экономики и индустриализации региона, наши пресноводные ресурсы снова оказались под угрозой. К сожалению, современная система государственного мониторинга РФ в настоящее время не позволяет оперативно отслеживать экологические нарушения, происходящие на водных объектах, особенно малых и средних, не внесённых в государственный Водный реестр РФ. Контроль за состоянием пресноводных ресурсов также не осуществляется на должном уровне. Поэтому сегодня модернизация системы пресноводного мониторинга и контроля должна стать одной из первоочередных государственных задач. Чтобы хранить и умножать пресноводные богатства, защищать и оберегать их, необходимо, прежде всего, знать, в каком состоянии они находятся. Быстрая и адекватная оценка качества вод и выявление очагов загрязнения помогут принимать оперативные меры для ликвидации нарушений. Проводить такую быструю оценку позволяют методы биоиндикации, основанные на использовании организмов – *биоиндикаторов*. Обоснованная и привязанная к местным условиям система быстрой оценки качества вод называется *региональным биоассессментом*, а процесс оперативных наблюдений и сбора данных – *экспресс-мониторингом*.

Проведение пресноводного биомониторинга в Российской Федерации реализуется в рамках мониторинга качества природных вод, т.е. регламентируется официальными нормативно-правовыми документами. Тем не менее, при реализации наблюдений состояния пресноводных экосистем остаются неохваченными малые водотоки, в том числе и городские. Основной проблемой государственного экологического мониторинга является сокращение сети пунктов наблюдений.

Ряд малых водотоков не включены в государственный реестр водных объектов, несмотря на то, что многим из них даны названия и их можно обнаружить на географических картах. В этой связи приобретает важность роль общественности в обеспечении информацией об экологическом состоянии водотоков в районах проживания населения. В пособии решается главная задача – научить читателя основным технологиям проведения биологического мониторинга пресных вод с применением простых и информативных методов, с использованием доступных материалов и оборудования. Пособие учит читателя координации общественной деятельности с государственными контролирующими организациями, поскольку именно общественный экологический контроль в мировой практике считается эффективным механизмом для выявления и пресечения нарушений природоохранных норм и требований предприятиями и организациями.

Авторы не ставили задачу детально осветить все нюансы организации и проведения комплексного экологического мониторинга пресных вод, однако постарались изложить базовые принципы и методы, которые легли в основу *дальневосточной системы пресноводного биооценки* (RFE RBPs: Russia Far East Rapid Bioassessment Protocols), разрабатываемой специалистами-гидробиологами Международного центра экологического мониторинга ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

При подготовке учебного пособия использовались специальная литература, нормативная документация и интернет-ресурсы.

Авторы выражают благодарность канд. биол. наук Л.А. Медведевой, д-ру биол. наук Е.А. Макаренку и другим сотрудникам лаборатории пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН за помощь при подготовке пособия, а также д-ру биол. наук М.П. Тиуну (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН), Яну Хамрски (Чехия) за некоторые фотографии гидробионтов. Особенную благодарность выражаем доктору Дж. Морзу (Клемсоновский университет, США) за многолетнюю поддержку в реализации идеи по развитию научно-общественного пресноводного мониторинга в Восточной России.

Пособие подготовлено при поддержке Всемирного фонда дикой природы (Амурский филиал) WWF/Ru009604-16/GLM, международного гранта CRDF-FEBRAS (№ RUBI-2995-VL-11) и Фонда Президентских грантов 2018–2019 (Проект № 18-2-011758 Академия Экологии: научно-общественный институт по подготовке общественных экспертов в области мониторинга и контроля окружающей среды).

Часть I. ОСНОВЫ ПРЕСНОВОДНОГО МОНИТОРИНГА

**Глава 1. Экологический мониторинг
пресных вод.**

**Глава 2. Поверхностные
(континентальные) водоёмы
и их население.**

**Глава 3. Что нужно знать при проведении
мониторинга водотоков.**

Глава 4. Методы отбора проб

Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРЕСНЫХ ВОД

1.1. Предмет экологического мониторинга

Сведения о состоянии окружающей природной среды необходимы человеку в различных сферах деятельности. Эта информация нужна при ведении хозяйства, в строительстве, организации различных рекреационных и туристических программ, при чрезвычайных обстоятельствах. Систематизированные и осмысленные данные необходимы для предупреждения надвигающихся опасных явлений природы и разработки превентивных действий. Длительный процесс наблюдений за каким-либо событием называется *мониторингом* (от англ. *monitoring*, от лат. *monitor* – напоминающий, надзирающий). Термин вошел в употребление в начале XX века для определения процесса комплексных повторных целенаправленных наблюдений за одним или более элементами окружающей среды в пространстве и времени.

Термин «мониторинг» появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (5–16 июня 1972 г.) в противовес (или в дополнение) к термину «контроль», который кроме наблюдения и получения информации содержит и элементы активных действий, т.е. управления. Мониторинг не включает управление качеством окружающей среды. Однако правильная организация такого управления возможна лишь при функционировании системы мониторинга, охватывающей как локальные, так и глобальные экосистемы. При подборе различных подходов и ориентации подсистем мониторинга для осуществления определенных целей важно выделить подсистему наблюдений (оценки и прогноза) за реакцией основных составляющих биосферы: абиотической составляющей (*геофизический мониторинг*) и биотической составляющей (*биологический мониторинг*).

При оценке антропогенной составляющей, влияющей на изменение окружающей среды, такой мониторинг стали называть *экологическим*.

Экологический мониторинг – процесс наблюдений за состоянием окружающей среды, осуществляемый с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов. Экологический мониторинг проводится с помощью методов оценки (*ассессмента* – от англ. *assessment* – оценка) состояния окружающей среды, которые основываются либо на непосредственной оценке состояния сообществ или индикаторных комплексов организмов (методы *биоиндикации*), либо на экспериментальной оценке жизнедеятельности тестовых организмов (*биотестирование*). Экологический мониторинг – важнейшая часть системы оценки состояния окружающей среды, которая связывает собственно мониторинг (процесс наблюдений) с информационными потребностями и использованием информации. Экологический мониторинг призван выявлять и оценивать качество и объёмы антропогенного загрязнения.

Появление термина *загрязнение* (*pollution*) в применении, в основном, к деятельности человека, связывают с именем Д.Л. Миллера (1988), который определил *загрязнение* как «изменения в физических, химических или биологических особенностях воды, воздуха или почвы, которые могут повлиять на здоровье или жизнедеятельность живых организмов». Это определение подчеркивает, что загрязнение считается доказанным, если оно приводит к некоторому изменению в здоровье или функционировании живых организмов. Например, мы узнаем, что

вода в реке или озере загрязнена, когда в ней умирают рыбы, или когда происходит атипичное цветение водорослей, или люди заболевают после контакта с нарушенной (изменённой человеком) средой (почвой, водой, воздухом).

Процесс наблюдений за изменением биологической компоненты (биоты) в водной, наземной, воздушной или почвенной сферах является предметом *биологического мониторинга*.

Биоассесмент. Биологический мониторинг как *организованная система наблюдений* – это систематически планируемая, непрерывная, методологически и технически *стандартизированная программа наблюдений*, измерений и анализа отдельных физических, химических и биологических показателей, включая процедуры оценки и отчётности, называется биоассесмент (bioassessment). Проведение измерений и отбор проб при биоассесменте производится по стандартной схеме в зафиксированных точках через регулярные (установленные) промежутки времени стандартными пробоотборниками при соблюдении некоторых обязательных условий, адаптированных к конкретным типам экосистем (с учётом их хронологической иерархичности). Часто термин «биологический мониторинг» употребляется как синоним «биоассесмента», что не совсем верно, поскольку первый означает *процесс наблюдений и оценки*, а второй – согласованную унифицированную программу – *систему наблюдений и оценки*, в конечном счёте принятую (или утверждённую) на государственном или международном уровне в виде стандартных протоколов или других нормативных регламентирующих документов. В разных странах существуют различные системы биоассесмента.

В пресноводном биоассесменте данные, полученные в результате мониторинга, используются для оценки современного состояния и территориального распределения количества и качества пресных вод и установления тенденций их изменений во времени. Последующая деятельность в этом цикле оценки определяется и планируется исходя из требуемого информационного продукта, а также предшествующей части цепочки системы наблюдений и оценки. Информация, полученная в результате биомониторинга, может быть дополнена за счет моделирования, экспертной оценки и статистики. Рассмотрение данных конечной оценки может привести к потребности в новой или вновь определенной информации, таким образом начиная новую серию действий. Конечная цель биоассесмента – предоставление информации, необходимой для ответа на конкретные вопросы при принятии решений. Таким образом, самый важный этап в разработке успешной, предназначенной для конкретных целей и экономически эффективной *программы мониторинга* – чёткое определение и детализация информационных потребностей. Информационные потребности должны быть настолько конкретными, чтобы можно было установить критерии разработки системы мониторинга и оценки, а результаты использовать для выработки стратегий и алгоритмов при принятии управленческих решений, направленных на снижение антропогенного прессинга.

Сегодня сеть наблюдений за источниками воздействия и состоянием биосферы охватывает весь земной шар. Международная система экологического мониторинга призвана накапливать, систематизировать и анализировать информацию: о состоянии окружающей среды; о причинах, наблюдаемых и вероятных изменениях состояния (т.е. об источниках и факторах воздействия); о допустимых изменениях и нагрузках на среду в целом; о существующих резервах био-

сферы. *Глобальная система мониторинга окружающей среды* (ГСМОС) была создана совместными усилиями мирового сообщества; основные положения и цели были сформулированы в 1974 г. на Первом межправительственном совещании по мониторингу. Первоочередной задачей была признана **организация мониторинга загрязнения окружающей природной среды и вызывающих его факторов воздействия**.

ГСМОС основывается на системах национального мониторинга, которые функционируют в различных государствах согласно как международным требованиям, так и специфическим подходам, сложившимся исторически или обусловленным характером наиболее остро стоящих экологических проблем. Международные требования, которым должны удовлетворять национальные системы-участники ГСМОС, включают единые принципы разработки программ (с учетом приоритетных факторов воздействия), обязательность наблюдений за объектами, имеющими глобальную значимость, передачу информации в Центр ГСМОС.

Система мониторинга реализуется на нескольких уровнях, которым соответствуют специально разработанные программы:

- *импактном* (изучение сильных воздействий в локальном масштабе);
- *региональном* (изучение проявлений проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона);
- *фоновом* (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность).

1.2. Экологический контроль и его задачи

Термин «экологический контроль» следует использовать для описания аналитического определения тех или иных параметров только в отношении деятельности, предполагающей принятие активных регулирующих мер.

Экологический контроль – это контролирующая деятельность государственных органов, предприятий и граждан по соблюдению экологических норм и правил. В соответствии с федеральным законом «Об охране окружающей среды» – контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) – это система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды (ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10 января 2002 года). В Российской Федерации осуществляется *государственный, производственный и общественный контроль* в области охраны окружающей среды. Общественный контроль регламентируется ст. 68 Федерального закона РФ «Об охране окружающей среды».

В задачи *общественного экологического мониторинга и контроля* входят следующие виды деятельности:

- осуществление наблюдений за состоянием и изменением окружающей среды;
- установление факта нарушения/загрязнения окружающей среды;
- выявление причин и источников изменения/загрязнения окружающей среды;
- определение поллютантов, их концентраций и объёмов;

- передача фактического материала об обнаруженных нарушениях в административные и надзорные органы;
- разработка предложений по принятию решений и организации мероприятий для снижения или ликвидации нарушений;
- контроль за выполнением решений.

Однако принятие конкретных решений и организация конкретных мероприятий по ликвидации нарушений полностью лежит на административных структурах. Таким образом, общественность России на законном основании может участвовать в общественном контроле за состоянием окружающей среды.

Чтобы общественный контроль основывался на адекватных данных, общественность может проводить собственный (независимый) мониторинг окружающей среды. Однако для того, чтобы такой мониторинг осуществлялся на приемлемых для государственных органов основаниях, целесообразно создать специальные методические руководства, пособия и протоколы, адаптированные для общественных экспертов, которые могли бы быть приняты к учёту надзорными и контролирующими органами. Такие руководства и протоколы, с одной стороны, не должны быть слишком специализированными и сложными, а с другой – должны позволять проводить адекватную оценку состояния окружающей среды, сопоставимую с данными государственных служб. Разработанные в США в начале 1980-х методы экспресс-мониторинга, основанные на показателях макрозообентоса, оказались очень подходящими для таких целей.

1.3. Международные системы пресноводного биоассессмента

Существует несколько систем биоассессмента в мире. Широкое применение получили две – американская система RBPs (Rapid Bioassessment Protocols) и британская RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System). В различных модификациях они принимаются в разных частях мира и адаптируются к региональным условиям биоты и типам экорегионов. США, Австралия, многие европейские страны и страны Латинской Америки уже разработали и используют общие или близкие по сути протоколы пресноводного биоассессмента; в Центральной Азии соответствующие усилия начали предприниматься в регионе Гиндукуш-Гималаи (HRH) в рамках интернационального проекта «The ASSESS-HKH Project», сконцентрированного на биомониторинге речных систем Непала, Пакистана, Индии, Бангладеш и Бутана. Такое тесное сотрудничество значительно повышает способность стран-участников проекта управлять или начинать управление водными ресурсами на основе современных мировых технологий; сейчас оно востребовано в самых широких масштабах. Основные региональные системы пресноводного биоассессмента: а) US RBPs – американская система Rapid Bioassessment Protocols, б) RFE RBPs – модификация US RBPs для российского Дальнего Востока (в стадии разработки); в) Ch-RBPs – китайская, на основе US RBPs; г) Mn-RBPs – монгольская, на основе US RBPs; д) A-HRH – система биоассессмента, принятая в Гиндукуш-Гималайском регионе (на основе US RBPs); е) RIVPACS – британская система, широко принятая в Европе; ж) AUSRIVAS – австралийская система с использованием подходов RIVPACS.

Что касается Дальнего Востока России, который входит в так называемый регион ВСВА (регион Восточной и Северо-Восточной Азии), объединяющий Восточную Россию, Китай, Северную и Южную Корею, Монголию и Японию, то в настоящее время интеграция усилий по развитию общей системы пресноводного биоассессмента здесь становится чрезвычайно актуальной. Россия, имеющая в данном регионе несколько крупных трансграничных речных бассейнов: Селенга, Амур (с входящими бассейнами р. Уссури и оз. Ханка), Раздольная, Туманган и являющаяся «конечной точкой» транзита этих вод, как никто заинтересована в наведении порядка и определении ответственности за экологическое состояние указанных трансграничных пресноводных мега-бассейнов.

Для организации эффективного мониторинга пресных вод в регионе ВСВА требуется, чтобы учёные и эксперты стран-соседей смогли «говорить на одном языке». С этой целью необходимо разработать и принять в качестве международного стандарта документы, регламентирующие процедуры отбора и анализа проб, разработать технологии, гарантирующие репрезентативность данных. Создание таких протоколов (по типу Rapid Bioassessment Protocols: RBPs) в странах ВСВА потребует совместных усилий и создания общей базы экологических данных, составления списков водных беспозвоночных с указанием их толерантных значений, калибровки методов и оценок в широтном и высотном аспектах. Протоколы должны быть согласованы и приняты на государственном уровне всеми странами ВСВА, в них должна быть чётко прописана программа дизайна отбора проб и контроля качества данных [9].

В России идея создания стандартизированных протоколов пресноводного биоассессмента (по типу американских RBPs) для региона ВСВА впервые прозвучала в 2003 году в «Русском Проекте: Чистая Вода» [30] и стала разрабатываться в ряде проектов: «Biological Assessment Protocols for the Streams and Rivers of the Russian Far East» (2009), «Planning Initiative for Regional Surveys of Aquatic Resources in East North-East Asia (ENEА)» (2011), «Trichoptera Biodiversity in Russian Far East and Siberia (East Palaearctic): Biogeography, Phylogeny, Evolution, and Use in Freshwater Biomonitoring» (2011) на базе Биологического почвенного института ДВО РАН (ныне ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) и входящего в его состав Международного центра экологического мониторинга ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (МЦЭМ).

В ноябре 2010 г. идеи по международному сотрудничеству в области пресноводного биомониторинга были озвучены на межправительственном совещании Экономической и социальной комиссией ООН по делам Азии и Тихого Океана (ЭСКАТО) в Инчхоне (Республика Корея) и вызвали серьёзный интерес участников. Тем не менее, отсутствие поддержки со стороны Министерства природных ресурсов РФ и тесных контактов с водными управлениями соседних стран вызвало определенные трудности в реализации этой идеи.

В результате были сформулированы задачи для решения проблем охраны пресноводных ресурсов:

- объединить интернациональные усилия по развитию и внедрению общей системы биоассессмента для стран ВСВА;

- объединить усилия учёных и экспертов-практиков в создании и апробации международной системы мониторинга водотоков для последующего внедрения в государственный мониторинг стран региона;

- способствовать развитию общественного экологического мониторинга пресных вод и вовлечению широких масс в дело охраны пресноводных ресурсов.

Для этого на Первом симпозиуме пресноводников Азии в г. Матсумото (Япония) в 2011 г. была создана Рабочая группа по разработке общих протоколов биоассессмента в Восточной Азии. Работа группы продолжается, обсуждение происходит на совместных международных мероприятиях и рабочих встречах. Однако отсутствие заинтересованности российских министерств и ведомств тормозит данный процесс.

Развитие современной системы пресноводного биоассессмента в регионе ВСВА и её гармонизация с параллельными достижениями в других регионах мира должны получить своё развитие в самое ближайшее время. Это позволит получать адекватную информацию о состоянии водных ресурсов в глобальном масштабе и поможет руководителям стран и водным управлениям определять приоритеты, координировать действия по управлению и охране водных ресурсов, сохранению здоровья наций как в собственных странах, так и в мире. Об этом в очередной раз говорили пресноводники Азиатского региона на 3-м Международном симпозиуме Бентологического общества Азии (24–27 августа 2016, Владивосток) и на 1-й Международной школе по пресноводной экологии (27–31 августа 2016, пос. Анисимовка, Шкотовский район, Приморский край).

1.4. Комплексный мониторинг

Мониторинг пресных вод включает отслеживание состояния качества вод по различным показателям. Если при проведении мониторинга используются несколько подходов, анализирующих химические, микробиологические и биологические показатели, то говорят о *комплексном экологическом мониторинге*.

Использование химических и микробиологических методов обычно вызывает больше сложностей, так как для проведения анализов необходимы специальная подготовка, квалифицированные специалисты, оборудование, реактивы; эти анализы более дорогостоящие и требуют значительного времени для их проведения, тем не менее, и позволяют выявить конкретные химические вещества-*поллютанты* и болезнетворные микроорганизмы, оценить объёмы этих нарушений: уровень превышения ПДК химических веществ и степень микробного загрязнения. Биологические методы более просты, позволяют интегрированно оценить качество воды, но не способны выявить виды поллютантов, их концентрации и объёмы. Комплексное использование всех трёх подходов – оптимальное условие для адекватной оценки качества воды в природных водных объектах.

Гидрохимический мониторинг и его особенности. При ряде достоинств у химических методов имеются недостатки, особенно заметно проявляющиеся в условиях быстотоков:

- стандартный химический анализ ориентирован на выявление относительно небольшого спектра поллютантов (существуют тысячи токсических веществ, которые сбрасываются в поверхностные воды вместе с индустриальными

и бытовыми стоками, но только немногие из них, как правило, могут быть протестированы при проведении химических анализов по государственным стандартам, поэтому большинство из поллютантов нельзя зафиксировать при обычных анализах, что затрудняет оценку реального качества воды);

- концентрации загрязняющих веществ могут радикально меняться со временем; при сбросе загрязняющих веществ в водоток выявить их с помощью химических методов можно лишь в очень короткий промежуток времени – в момент сброса или чуть позже, тогда как их влияние на водную биоту может сказываться в течение недель и месяцев;

- химические методы иногда плохо работают из-за явления синергизма, когда концентрации отдельных веществ могут быть неопасными по отдельности, но их совместное действие может многократно усиливаться и становиться летальным для многих растений и животных;

- в условиях быстотоков химические методы могут не улавливать кратковременные или малообъёмные сбросы загрязняющих веществ, которые разбавляются водой, поступающей с верхних этажей водотока, что может приводить к существенному искажению результатов и несоответствию при сравнении с оценками по показателям бентоса; в этом случае рекомендуется отбирать и анализировать донные осадки, которые более точно характеризуют химические условия среды существования гидробионтов. Кстати, некоторые недобросовестные водопользователи стараются осуществлять сбросы загрязнённых вод в ночное время, во время ливней и паводков, что осложняет адекватную оценку качества вод при использовании стандартных подходов;

- химические анализы дорогостоящи; для их проведения требуются специалисты высокой квалификации, они сложны, необходимо достаточно продолжительное время для их выполнения;

- отходы химических анализов в процессе мониторинговых исследований являются источником дополнительного (вторичного) загрязнения;

- сложно, а во многих случаях невозможно выполнять химические анализы в полевых условиях.

Микробиологический мониторинг и его особенности. При исследовании экологического состояния водных объектов бывают очень важны данные по оценке микробиологической (бактериологической) обстановки. Микроорганизмы, перерабатывающие основную часть органических веществ в экосистемах, являются регуляторами их стабильности. Выполняя роль деструкторов, сообщества микроорганизмов участвуют в процессах самоочищения водных экосистем. Микробная биомасса содержит ряд веществ (ферменты, белки, витамины и др.), которые служат питательным субстратом для беспозвоночных, т.е. является важным трофическим звеном цепи питания.

При избыточном поступлении загрязняющих веществ в водоёмы (особенно органики) снижается их способность к самоочищению. Биомасса бактерий увеличивается, снижается ее ферментативная активность, происходит разбалансировка сложных многоступенчатых процессов деструкции, накапливаются промежуточные продукты распада веществ; из безопасных, на первый взгляд, соединений могут образоваться более токсичные продукты по сравнению с исходными. В таком случае микроорганизмы становятся уже не «санитарами», а причиной вторичного загрязнения.

Достоинствами микробиологических методов является то, что они оказываются надежными индикаторами первых «сбоев» в функционировании биоценоза. Бактериологические показатели более чувствительны к загрязнениям хозяйственно-бытовыми водами, чем химические.

Недостатки микробиологических методов заключаются в следующем:

- для получения адекватных оценок требуется систематическое исследование по сезонам года, что осложняется затратностью проведения экспериментов;
- проведение анализов под силу только квалифицированным специалистам;
- необходимо длительное время для проведения анализов;
- требуются специальные лабораторные условия для проведения анализов, что практически исключает их проведение в полевых условиях.

Биологический мониторинг и его особенности. Оценка качества вод по биологическим показателям основывается на различной способности живых организмов переживать загрязнения. Все организмы по отношению к загрязнениям можно разделить на три условные группы: *сенситивные* (чувствительные), *умеренно сенситивные* и *толерантные* (малочувствительные). При биологическом мониторинге в качестве «инструментов» оценки качества вод традиционно используются водоросли, водные беспозвоночные и рыбы.

Водные беспозвоночные из категории *макрозообентоса* являются наиболее удобной для этого группой животных, хотя на практике применяются и методы с использованием беспозвоночных небольшого размера (мейо- и микробентос). В настоящем пособии мы сосредоточимся на макрозообентосе, так как крупные организмы бентоса более удобны для экспресс-оценки.

Основные преимущества использования макробеспозвоночных заключаются в следующем:

- беспозвоночные интегрированно реагируют на широкий спектр загрязнителей;
- чувствительны даже к низким концентрациям вредных веществ, влияющих на здоровье человека (демонстрируют «упреждающий эффект»);
- имеют длинный жизненный цикл (обычно год и более) и, следовательно, постоянно присутствуют в водоёмах, реагируя как на спорадические, так и на долговременные загрязнения;
- беспозвоночные тесно привязаны к определенным местообитаниям, широко распространены в различных типах водоемов и многочисленны в сообществах;
- удобны для сбора и легко определяются даже неспециалистами;
- это самый дешевый, быстрый и надежный метод, что очень важно при проведении экспресс-экспертиз;
- в условиях быстотоков, оставаясь на дне, сообщества макрозообентоса при поступлении загрязнений структурно меняются в сторону качественного и количественного уменьшения чувствительных таксонов; даже при улучшении качества воды следы влияния загрязнений сохраняются в течение длительного времени.

Оценка качества вод по показателям беспозвоночных (биоиндикация) базируется на следующих основных принципах:

- увеличивающийся стресс приводит к снижению разнообразия фауны беспозвоночных путем исчезновения видов, менее толерантных к загрязнению;
- в экосистемах с устойчивым загрязнением развиваются сообщества беспозвоночных, в которых доминируют толерантные виды.

Одно из важных достоинств биологических методов мониторинга – это то, что их легче адаптировать для использования неспециалистами, поэтому они широко применяются в общественном мониторинге. Ещё одна положительная особенность – биологические методы позволяют определять качество водной среды в полевых условиях, что, несомненно, очень важно для проведения оперативной оценки состояния водных объектов. В то же время это самые «экологичные» методы, не приводящие к вторичным загрязнениям.

Контрольные вопросы

1. В каком году состоялось первое межправительственное совещание по мониторингу? Какая первоочередная задача была поставлена при организации мониторинга?
2. Что такое экологический мониторинг?
3. В чем отличие экологического мониторинга от экологического контроля?
4. В чем заключаются задачи экологического контроля?
5. Назовите цели и задачи экологического мониторинга.
6. Охарактеризуйте абиотический и биотический мониторинг.
7. Что понимается под термином «загрязнение окружающей среды»?
8. В чем заключается отличие терминов «биомониторинг» и «биоассесмент»?
9. Охарактеризуйте (кратко) уровни, на которых реализуется система экологического мониторинга:
 - фоновый мониторинг;
 - региональный мониторинг;
 - импактный мониторинг.
10. Как осуществляется общественный экологический мониторинг и контроль?
11. Назовите международные системы пресноводного биоассесмента.
12. Как осуществляется комплексный экологический мониторинг?
13. Поясните, почему к основным методам экологического мониторинга относят биологические (биоиндикационные) методы?

Глава 2. ПОВЕРХНОСТНЫЕ (КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ) ВОДОЁМЫ И ИХ НАСЕЛЕНИЕ

2.1. Типы континентальных водоёмов и местообитания гидробионтов

Приступая к проведению пресноводного мониторинга, необходимо, прежде всего, познакомиться с водными объектами и их обитателями. В природе существует огромное разнообразие пресноводных экосистем, которые населены различными водными организмами – *гидробионтами*. Пресноводные экосистемы называют континентальными, внутренними или поверхностными водами (водоёмами).

Континентальные водоёмы расположены в углублениях суши, могут быть естественными и искусственными. Первые в основном представлены реками, озёрами и болотами, вторые – каналами, водохранилищами, прудами. В зависимости от наличия течения различают текущие (*лотические*) водные объекты (водотоки, быстро-токи): реки, ручьи, родники (ключи, источники) и стоячие (*лентические*) водоёмы: озёра, водохранилища, пруды, болота, временные водоёмы. В подавляющем большинстве континентальные водоёмы пресные, реже солоноватые и солёные.

2.1.1. Текучие воды (лотические)

Водотоки – объекты, водная масса которых перемещается от истока к устью вследствие разницы их положения над уровнем моря, т.е. под влиянием силы тяжести. В отечественной и иностранной литературе условная размерная классификация водотоков определяет: *исток родника* (source, river head), *родники* (springs), *малые ручьи* (brooks), *малые и средние реки* (streams), *большие реки* (rivers). Водоток – это водный объект, характеризующийся постоянным или временным движением воды в русле в направлении общего уклона.

Различают следующие категории водотоков:

- постоянные и временные;
- естественные (реки и ручьи) и искусственные (каналы);
- поверхностные и подземные.

В практике водного мониторинга имеют дело, как правило, с постоянными, естественными, поверхностными водотоками.

Родники, источники. Родник – источник воды, самостоятельно изливающийся на поверхность из недр земли. Наличие родника говорит о том, что ниже, в земной глубине, находится водоупорный пласт (глина, изверженная горная порода и т.д.), подпирающий водоносные, насыщенные влагой пласты. В зависимости от глубины залегания водоносных пластов и типа их питания различают три группы источников:

- питающиеся верховодкой – располагаются обычно в зоне аэрации, имеют резкие колебания дебита (вплоть до полного иссякания), химического состава и температуры;

- источники, питающиеся грунтовыми водами (отличаются большим постоянством во времени, но подверженностью сезонным колебаниям дебита, состава и температуры); подразделяются на *эрозионные* (появляются в результате углубления речной сети и вскрытия водоносных горизонтов), *контактные* (приурочены к контактам пород различной водопроницаемости) и *переливающиеся*

(обычно восходят, связаны с фациальной изменчивостью пластов или с тектоническими нарушениями);

– источники артезианских вод – отличаются наибольшим постоянством режима; приурочены к областям разгрузки артезианских бассейнов.

Родники подразделяют на: восходящие – напорные; нисходящие – безнапорные; временно действующие (сезонные); постоянно действующие и т.д. Выделяют родники *лимнокрены* и *реокрены*.

Лимнокрен (от греч. *limne* – озеро, *krene* – родник) – тип пресноводного источника в виде небольшого водоёма, куда вода поступает преимущественно снизу, а её избыток образует вытекающий ручеек. Дно лимнокрена, как правило, песчаное или илистое. В лимнокрене обитают различные виды ракообразных (остракоды, изоподы, амфиподы), личинки некоторых амфибиотических насекомых, водные клещи, могут встречаться головастики лягушек, тритоны и др.

Реокрен – истоковая часть водотока, оформленная в виде небольшого, но интенсивного потока. В реокрене обычны личинки амфибиотических насекомых, приспособленных к жизни на течении; в интерстициальной зоне можно найти мелких ракообразных (остракоды, амфиподы).

Родники являются стратегическими объектами природы. При возникновении чрезвычайной ситуации они могут выступать как единственные источники питьевой воды для населения, поэтому требуют к себе бережного отношения как со стороны государства, так и общественности.

Ручьи, реки – природные водные потоки (водотоки, быстротоки) значительных размеров с естественным течением по руслу (выработанному ими естественному углублению) от истока вниз до устья и питающиеся за счёт поверхностного и подземного стока с их бассейнов. Существуют различные классификации водотоков, построенные на основе морфологических, гидрологических, температурных, размерных, гидрохимических и других характеристиках; есть классификации, учитывающие географические и климатические особенности, а также особенности биоты и её распределения по продольному профилю русла.

Классификация по величине бассейна и длине русла:

– *малые реки*: располагаются в одной гидрографической зоне, имеют площадь не более 2000 км² (длина до 10 км). Небольшой водоток также может называться *ручьём*; чёткой границы в определении *ручья* и *малой реки* нет;

– *средние реки*: реки длиной от 10 до 50 км, бассейны которых располагаются в одной гидрографической зоне, имеющие площадь от 2000 до 50 000 км²;

– *большие реки*: равнинные реки (длина от 50 км и более), имеющие бассейн площадью более 50 000 км², а также реки преимущественно горные с площадью водосбора более 30 000 км². Как правило, их бассейны располагаются в нескольких гидрографических зонах.

Классификация по степени проходимости русла

В практике биологического мониторинга в последнее время стали использовать деление водотоков на *бродные* (wadeable) и *небродные* (non-wadeable). К первым относятся водотоки, которые в меженный период легко перейти в болотных сапогах (сапоги-бродни, waders), вторые – более глубокие водотоки, которые перейти вброд невозможно, лишь с помощью плавсредств. В связи с этим в американской системе мониторинга используют два разных протокола: для бродных и небродных водотоков.

Классификация по температурному показателю

По температурному показателю водотоки юга Дальнего Востока или их продольные участки классифицируют по 4 основным группам:

- 1 – холодноводные водотоки,
- 2 – умеренно холодноводные,
- 3 – умеренно тепловодные,
- 4 – тепловодные.

Каждая из выделенных групп может делиться на подгруппы в зависимости от высоты водотока или его участка над уровнем моря и от размеров. 1-я группа включает водотоки истоковой зоны – реокрены (родники) и горные ручьи; 2-я и 3-я группы – горные и малые предгорные реки или горные участки крупных рек; 4-я группа – небольшие водотоки, целиком протекающие по долине (равнинные ручьи), и нижние участки крупных рек. Каждая группа и подгруппа характеризуются присущими им количественными показателями бентоса, особенностями видового состава и структуры донных сообществ.

Классификации, учитывающие особенности гидрологии, водного населения и его распределения вдоль русла

1. Классификация Камминса – выделяет в реке три высотные зоны: зону *эрозии, седиментации* и *промежуточную* между ними зону, с определённым составом биоты, характерны для каждой высотной зоны.

2. Классификации Хьюета: делит участки русла по преобладающим видам рыб. Например, классические области европейских рек по доминирующим рыбам следующие: верхняя форелевая область, нижняя форелевая область, хариусовая область, усачевая область, лещевая область, ершово-камбальная область.

На российском Дальнем Востоке большинство водотоков выделяются в неформальную категорию «лососевые реки», представляющие холодноводные водотоки с каменистыми субстратами, дающие многим видам лососевых многообразные местообитания и обильную кормовую базу.

3. Классификация Иллиеса-Ботошеняну подразделяет водоток на крупные продольные зоны (рис. 2.1): *креналь, ритраль, потамаль*, что соответствует разделению водотока на условные участки: исток, верховье и средняя часть, низовье с соответствующими сообществами: *кренон, ритрон и потамон*.

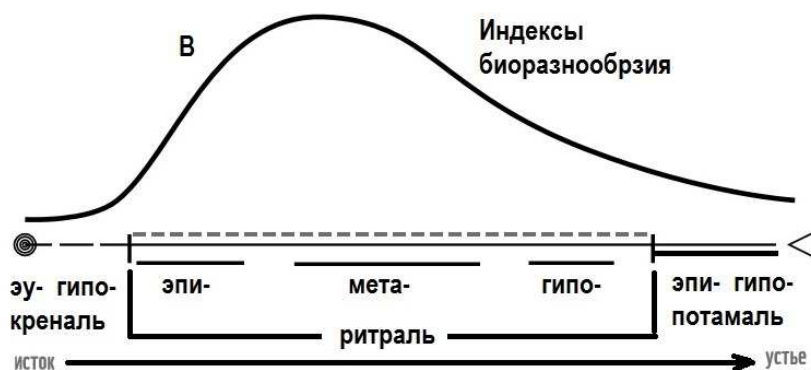


Рис. 2.1. Зональная классификация водотока по Иллиесу и Ботошеняну. В – кривая, демонстрирующая изменение биоразнообразия вдоль русла реки

2.1.2. Стоячие воды (лентические)

Водоёмы представляют собой котловины различной величины и формы, заполненные водой (озёра, пруды, водохранилища, болотистые местообитания).

Озеро – естественно возникший водоём, заполненный в пределах озёрной чаши (озёрного ложа) водой и не имеющий непосредственного соединения с морем (океаном). Форма, размеры и рельеф дна озёрных котловин существенно меняются при накоплении донных отложений. Зараствание озёр создает новые формы рельефа, равнинные или даже выпуклые. Озёра часто создают подпор грунтовых вод, вызывающий заболачивание близлежащих участков суши. В результате непрерывного накопления органических и минеральных частиц в озёрах образуются мощные толщи донных отложений. Эти отложения видоизменяются при дальнейшем развитии водоёмов и превращении их в болота.

По расположению озёра делятся на *наземные* или *подземные*.

По происхождению – на *тектонические*, *ледниковые*, *моренные*, *речные* (старицы), *провальные* (карстовые, термокарстовые), *пойменные*, *завально-запрудные*, *горные*, *кратерные*. *Приморские озера*: лагуны, лиманы, или баровые озёра, могут быть частично связаны с морем – напрямую или через подземную фильтрацию – и поэтому обладать повышенной солёностью вод.

По водному балансу озёра делятся на *сточные* (имеют сток, преимущественно в виде вытекающей из него реки/рек) и *бессточные* (не имеют поверхностного стока или подземного отвода воды в соседние водосборы; расход воды происходит за счет испарения).

По типу минерализации различают *ультрапресные*, *пресные*, *минеральные*, *солончатые*, *солёные* озера.

По трофности (по концентрации питательных веществ в озёрных водах) озёра делятся на:

- *олиготрофные* (с малым количеством питательных веществ) – характеризуются большими или средними глубинами, значительной массой воды ниже слоя температурного скачка, большой прозрачностью, цветом воды от синего до зелёного, постепенным падением содержания кислорода ко дну, вблизи которого вода всегда содержит значительное его количество (не менее 60% от содержания кислорода на поверхности);

- *эвтрофные* (с большим содержанием питательных веществ) – хорошо прогреваемые озера (слой ниже температурного скачка очень невелик), прозрачность невелика, цвет воды от зелёного до бурого, дно устлано органическим илом. Вода богата питательными солями, содержание кислорода резко снижается зачастую до минимальных значений;

- *дистрофные* (бедные питательными веществами) – заболоченные озера с небольшой прозрачностью и жёлтым или бурым (от большого содержания гуминовых веществ) цветом воды. Минерализация воды мала, содержание O_2 пониженное вследствие его расхода на окисление органических веществ.

В современной гидрологии и гидроэкологии выделяют промежуточные уровни трофической классификации: *мезотрофные* (между олиготрофными и эвтрофными) и *гипертрофные*.

В лентических водоемах озёрного типа принято выделять два основных биотопа, где обитают гидробионты: *пелагиаль* – толща воды и *бенталь* – дно водоёма с прилегающим к нему слоем воды. В пределах пелагиали выделяют собственно *пелагиаль* и *нейсталь* – поверхностный слой воды, граничащий

с атмосферой. В вертикальном отношении выделяют зоны (рис. 2.2): *литораль*, *сублитораль* и *профундаль*.

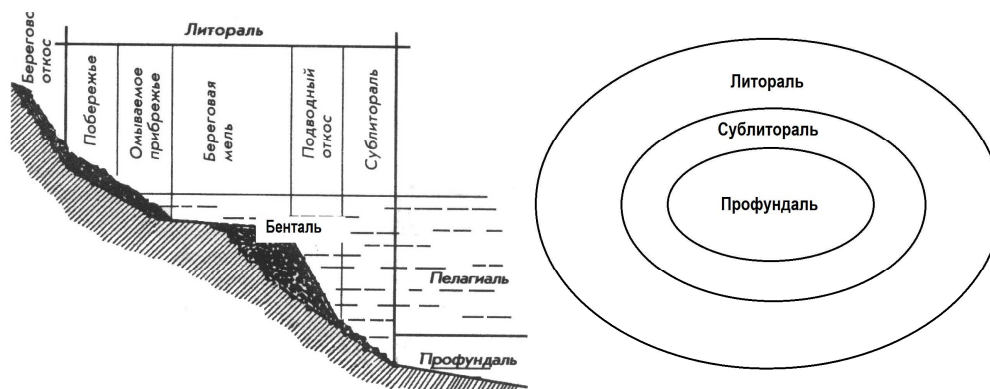


Рис. 2.2. Вертикальная зональность озера

Пруд и водохранилище. ГОСТ 19179-73 «Гидрология суши. Термины и определения» проводит четкую границу между этими терминами: «Пруд – мелководное водохранилище площадью не более 1 кв. км; водохранилище – искусственный водоём, образованный водоподпорным сооружением на водотоке с целью хранения воды и регулирования стока.

Пруд в соответствии со ст. 8 Водного кодекса РФ может находиться как в государственной, муниципальной, так и в частной собственности. Водохранилище же находится в собственности Российской Федерации (ст. 8). Пруды часто используются в целях рыбоводства, они играют важную роль в декорировании городских, приусадебных, школьных участков; используются для локального водоснабжения и мелиорации».

Водоохранилище – искусственный (рукотворный) водоём, образованный, как правило, в долине реки водоподпорными сооружениями для накопления и хранения воды в целях её использования в народном хозяйстве. Водохранилища делятся на два типа: *озёрные* и *речные* (русловые). Для водохранилищ озёрного типа характерно формирование водных масс, существенно отличных по своим физическим свойствам от свойств вод притоков. Течения в таких водохранилищах связаны, главным образом, с ветрами. Водохранилища речного (руслового) вида имеют вытянутую форму, течения в них обычно стоковые; водная масса по своим характеристикам близка к речным водам. К основным параметрам водохранилища относят объём, площадь зеркала и амплитуду колебания уровней воды в условиях его эксплуатации.

Болото – участок ландшафта, характеризующийся избыточным увлажнением, повышенной кислотностью и низкой плодородностью почвы, выходом на поверхность стоячих или проточных грунтовых вод, обычно без постоянного слоя воды на поверхности. Для болота характерно отложение на поверхности почвы неполно разложившегося органического вещества, превращающегося со временем в торф. Слой торфа в болотах не менее 30 см, если меньше, то это *заболоченные земли*. Болота возникают в основном: 1) из-за заболачивания почвы либо 2) из-за зарастания водоёмов. Элементами болотистых мест могут быть *мари* (заболоченный редкостойный лиственный лес, прерывающийся участками безлесных кочковатых болот и ерников); *мочажины* – влажное, заболо-

ченное, топкое место между кочками на болоте, низменном лугу; *топи* – переувлажнённые участки болот с разжиженной торфяной залежью, высоким уровнем воды и рыхлой непрочной дерниной; *трясины* – зыбкие болотистые места.

Водно-болотные угодья, или влажные земли (wetlands), – участки местности, почва которых является *аквифером* с постоянной или сезонной влажностью. Водно-болотные угодья – один из ключевых типов экосистем планеты. Они определяют круговорот воды и ряда важных элементов, формируют климат, поддерживают биоразнообразие. Водно-болотные угодья – особенно уязвимые экосистемы нашей планеты, которые в настоящее время находятся под наибольшей угрозой разрушения.

2.1.3. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы

При проведении мониторинга необходимо знать основные положения Водного кодекса РФ, в частности, понимать, какие территории бассейна водотока находятся под защитой закона (прежде всего, положения о защитных зонах и прибрежных защитных полосах). Приведем некоторые фрагменты из Водного кодекса РФ (Водный кодекс РФ, № 74-ФЗ, 2016), представляющие наибольшую важность относительно защитных зон прибрежий.

Водный кодекс РФ (гл. 6, ст. 65). *Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы:*

1. Водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии (границам водного объекта) морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира.

2. В границах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности.

3. За пределами территорий городов и других населенных пунктов ширина водоохранной зоны рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и ширина их прибрежной защитной полосы устанавливаются от местоположения соответствующей береговой линии (границы водного объекта), а ширина водоохранной зоны морей и ширина их прибрежной защитной полосы – от линии максимального прилива (гл. 6, ст. 65. *Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы*).

4. Реки и ручьи. Ширина водоохранной зоны рек или ручьев устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью:

- водотоки длиной до 10 км – в размере 50 м;
- водотоки от 10 до 50 км – в размере 100 м;
- водотоки от 50 км и более – в размере 200 м.

5. Для ручья протяженностью менее 10 км от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере 50 м.

6. Озера и водохранилища. Ширина водоохранной зоны озера, водохранилища, за исключением озера, расположенного внутри болота, или озера, водохранилища с акваторией менее 0,5 квадратного километра, устанавливается в размере 50 м. Ширина водоохранной зоны водохранилища, расположенного на водотоке, устанавливается равной ширине водоохранной зоны этого водотока.

7. Границы водоохранной зоны озера Байкал устанавливаются в соответствии с Федеральным законом от 1 мая 1999 года № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал».

8. Моря. Ширина водоохранной зоны моря составляет 500 м.

9. Водоохранные зоны магистральных или межхозяйственных каналов совпадают по ширине с полосами отводов таких каналов.

10. Водоохранные зоны рек, их частей, помещенных в закрытые коллекторы, не устанавливаются.

11. Прибрежные защитные полосы. Ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в зависимости от уклона берега водного объекта и составляет 30 м для обратного или нулевого уклона, 40 м для уклона до трех градусов и пятьдесят метров для уклона три и более градуса.

12. Для расположенных в границах болот проточных и сточных озер и соответствующих водотоков ширина прибрежной защитной полосы устанавливается в размере 50 м.

13. Ширина прибрежной защитной полосы реки, озера, водохранилища, имеющих особо ценное рыбоводное значение (места нереста, нагула, зимовки рыб и других водных биологических ресурсов), устанавливается в размере 200 м независимо от уклона прилегающих земель.

14. На территориях населенных пунктов при наличии централизованных ливневых систем водоотведения и набережных границы прибрежных защитных полос совпадают с парапетами набережных. Ширина водоохранной зоны на таких территориях устанавливается от парапета набережной. При отсутствии набережной ширина водоохранной зоны, прибрежной защитной полосы измеряется от местоположения береговой линии (границы водного объекта).

15. В границах водоохранных зон запрещаются:

- использование сточных вод в целях регулирования плодородия почв;
- размещение кладбищ, скотомогильников, объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ, пунктов захоронения радиоактивных отходов;
- осуществление авиационных мер по борьбе с вредными организмами;
- движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие;
- размещение автозаправочных станций, складов горюче-смазочных материалов (за исключением случаев, если автозаправочные станции, склады горюче-смазочных материалов размещены на территориях портов, судостроительных и судоремонтных организаций, инфраструктуры внутренних водных путей при условии соблюдения требований законодательства в области охраны окружающей среды и настоящего Кодекса), станций технического обслуживания, используемых для технического осмотра и ремонта транспортных средств, осуществление мойки транспортных средств;
- размещение специализированных хранилищ пестицидов и агрохимикатов, применение пестицидов и агрохимикатов;
- сброс сточных, в том числе дренажных, вод;
- разведка и добыча общераспространенных полезных ископаемых (за исключением случаев, если разведка и добыча общераспространенных полезных ископаемых осуществляются пользователями недр, осуществляющими разведку и добычу иных видов полезных ископаемых в границах, предоставленных им в

соответствии с законодательством Российской Федерации о недрах горных отводов и (или) геологических отводов на основании утвержденного технического проекта в соответствии со ст. 19.1 Закона Российской Федерации от 21 февраля 1992 года № 2395-1 «О недрах»).

16. В границах водоохранных зон допускаются проектирование, строительство, реконструкция, ввод в эксплуатацию, эксплуатация хозяйственных и иных объектов при условии оборудования таких объектов сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод в соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды. Выбор типа сооружения, обеспечивающего охрану водного объекта от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод, осуществляется с учетом необходимости соблюдения установленных в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов. В рамках ст. 65 под сооружениями, обеспечивающими охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод, понимаются:

- централизованные системы водоотведения (канализации), централизованные ливневые системы водоотведения;
- сооружения и системы для отведения (сброса) сточных вод в централизованные системы водоотведения (в том числе, дождевых, талых, инфильтрационных, поливомоечных и дренажных вод), если они предназначены для приема таких вод;
- локальные очистные сооружения для очистки сточных вод (в том числе, дождевых, талых, инфильтрационных, поливомоечных и дренажных вод), обеспечивающие их очистку исходя из нормативов, установленных в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и Водного кодекса;
- сооружения для сбора отходов производства и потребления, а также сооружения и системы для отведения (сброса) сточных вод (в том числе, дождевых, талых, инфильтрационных, поливомоечных и дренажных вод) в приемники, изготовленные из водонепроницаемых материалов.

17. В отношении территорий садоводческих, огороднических или дачных некоммерческих объединений граждан, размещенных в границах водоохранных зон и не оборудованных сооружениями для очистки сточных вод, до момента их оборудования такими сооружениями и (или) подключения к системам, указанным в пункте 1 части 16 настоящей статьи, допускается применение приемников, изготовленных из водонепроницаемых материалов, предотвращающих поступление загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в окружающую среду.

18. В границах прибрежных защитных полос наряду с установленными п. 15 настоящей статьи ограничениями запрещены:

- распашка земель;
- размещение отвалов размываемых грунтов;
- выпас сельскохозяйственных животных и организация для них летних лагерей, ванн.

19. Установление на местности границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов, в том числе посредством специальных информационных знаков, осуществляется в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

2.2. Водные беспозвоночные

2.2.1. Жизненные формы гидробионтов

Организмы, обитающие в пресных и морских водах или часть жизни которых обязательно связана с водой, называют *гидробионтами*. Обитателей водотоков (быстротоков) – ручьёв, рек, называют *ритробионтами*, а раздел гидробиологии, изучающий их жизнь, – *ритробиологией*. Обитателей крупных рек с медленным течением (например, в нижних участках равнинных рек) называют *потамобионтами*, а соответствующий раздел гидробиологии – *потамобиологией*. В стоячих водах обитают *лимнобионты*, соответственно, раздел гидробиологии, их изучающий, называется *лимнологией*.

В различных зонах водных экосистем формируются определённые совокупности организмов разного систематического положения, но обладающие принципиально сходными приспособлениями, позволяющими им успешно существовать и удерживаться в определенных биотопах – *жизненные формы*.

В водных экосистемах различают несколько основных жизненных форм: *планктон*, *нейстон*, *плейстон*, *нектон* и *бентос* (рис. 2.3). *Планктон* и *нектон* живут в водной толще водоёма; *нейстон* и *плейстон* – в области водной поверхности, у поверхностной плёнки воды на границе водной и воздушной сред; *бентос* – в придонном слое (на поверхности дна и в толще осадков). *Плейстон* – это совокупность растительных и животных организмов, которые пассивно плавают на поверхности воды или полупогруженные. *Нейстон* – организмы, которые живут и перемещаются в тонком (до 5 см) поверхностном слое воды сверху (*эпинейстон*) либо снизу (*гипонейстон*) или прикрепляются к нему (насекомые, некоторые ракообразные, простейшие, одноклеточные). *Бентос* – обитатели, живущие в придонной части водотоков и водоёмов – в *бентали* (водные беспозвоночные, водоросли).

Часто для обозначения совокупности взвешенных в воде органических частиц (детрита) и планктонных организмов применяют термин «*сестон*». В быстротоках выделяют также группу *сиртон* – бентосные формы, всплывающие в толщу воды и сносимые течением, а явление перемещения организмов в потоке носит название – *дрифт* (или *бентосток*).

В пределах каждой жизненной формы различают группы организмов, выделяемые по тем или иным признакам в зависимости от особенностей самих гидробионтов и условий их существования.

Планктон. К планктону относятся бактерии, одноклеточные водоросли и одноклеточные или мелкие многоклеточные животные: инфузории, яйца и личинки различных животных, коловратки, мелкие ракообразные и многие другие. Как правило, планктонные организмы очень невелики, во многих случаях имеют даже микроскопические размеры. Некоторые планктёры (как растения, так и животные) подвижны, но их подвижность невелика по сравнению с обычной подвижностью воды. Огромное большинство планктонных водорослей вовсе лишено каких-либо органов передвижения. Во взвешенном состоянии они держатся только благодаря своей необычной легкости: их удельный вес примерно равен удельному весу воды. Для многих планктонных организмов самостоятельная способность к передвижению является крайне важным условием для их парения в воде.

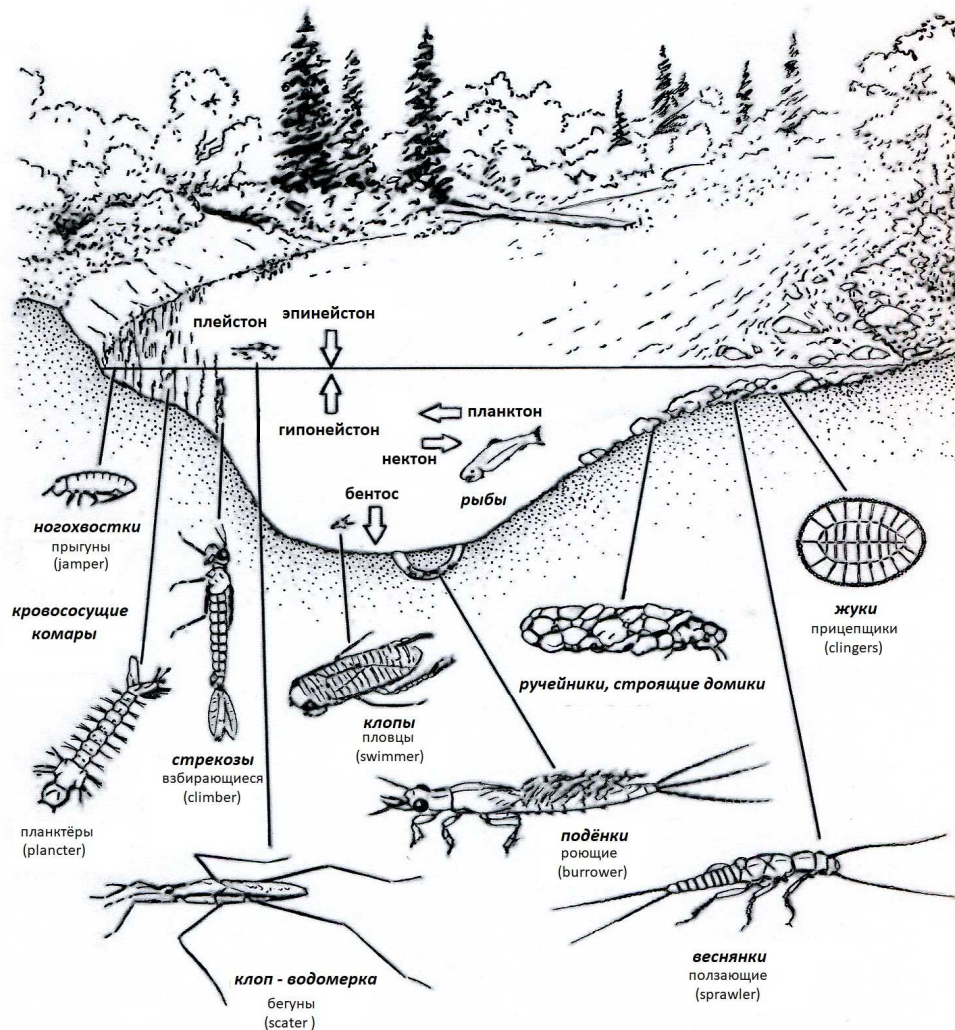


Рис. 2.3. Жизненные формы гидробионтов

Планктёры характеризуются рядом морфологических и физиологических адаптаций к свободноплавающему образу жизни и парению. Уменьшение удельного веса достигается различными способами. У большинства парящих форм количество воды в составе тела составляет до 90–95%. Другое приспособление – наличие различных газовых образований: у многих простейших – это газовые вакуоли (многие сине-зелёные водоросли); у личинок водных двукрылых газовые гидростатические аппараты представляют собой две пары пузырей. В скелетах плавающих животных содержится гораздо меньше кальция и кремния, чем у их ближайших сородичей, ведущих придонный образ жизни. Например, очень тонок панцирь у большинства планктонных диатомовых и ракообразных по сравнению с донными формами. Многие свободноплавающие организмы имеют в составе тела жировые включения, которые могут составлять до четверти их сухой массы. Так, жировые образования отмечены у зелёных, сине-зелёных и диатомовых водорослей; большинство планктонных ракообразных (веслоногих и ветвистоусых) также содержат жировые включения. Для парения

в воде у планктонных организмов выработалась определенная форма тела, способствующая увеличению его поверхности.

Планктон на основании размеров принято разделять на:

- 1) *ультрапланктон* – мельчайшие формы, размеры которых не превышают 2 мкм (наиболее мелкие бактерии);
- 2) *наннопланктон* (от греч. *nannos* – карлик) – мелкие организмы (2–50 мкм): бактерии, жгутиковые простейшие, многие одноклеточные водоросли;
- 3) *микропланктон* (от греч. *micros* – маленький) – более крупные планктонные организмы (50–1000 мкм); большинство представителей фитопланктона, коловраток, простейших, личинок ракообразных, а также взрослых рачков;
- 4) *мезопланктон* (от греч. *mesos* – средний) – более крупные организмы, имеющие длину от 1 до 5 мм: ракообразные, личинки донных беспозвоночных, планктонные черви;
- 5) *макропланктон* (от греч. *makros* – большой): формы, превышающие 5 мм.

Группы планктонных организмов неравноценны в биологическом отношении: одни проводят в парящем состоянии всю свою жизнь, другие входят в состав планктона только на некоторых стадиях своего развития, третьи попадают в планктон случайно, отрываясь от дна, например, при волнении. Поэтому планктонные организмы можно разделить на следующие группы:

- 1) *истинно планктонные* организмы, которые всю жизнь проводят в толще воды;
- 2) *факультативные планктонные* организмы – входят в состав планктона только в определенный период своего жизненного цикла (личинки многих бентосных беспозвоночных, а также икра некоторых видов рыб);
- 3) *случайные планктонные* организмы, попавшие в планктон, оторвавшись от своего привычного субстрата при гидродинамических подвижках воды;
- 4) *пассивно-планктонные организмы*, ведущие сидячий образ жизни, прикрепляясь к истинно планктонным организмам (например, сосущие инфузории).

Классифицируют планктон по типу водоемов, в которых он обитает: морской, пресноводный, речной, озерный; по географическому положению: тропический, бореальный, субтропический и т.д.; по пространственным зонам: поверхностный, глубоководный, неритический, литоральный и т.п.; по сезонному аспекту: постоянный (круглогодичный), периодический (весенний, летний, осенний, зимний); по размерам организмов, входящих в планктон: наннопланктон, микропланктон, макропланктон и т.д.

Реопланктон (планктон рек) характеризуется гетерогенностью происхождения, образуется за счет автохтонных и аллохтонных элементов. *Автохтонным* считается организм, возникший и первоначально эволюционировавший в данном биотопе. Автохтонные организмы обычно составляют ядро какой-либо флоры или фауны. *Аллохтонный* организм – это переселившийся с другой территории, из другого биотопа. Аллохтонный планктон, выносимый в реку из стоячих водоемов, попадая в новые условия, меняет свой облик. Одни представители планктона стоячих вод, оказавшись в реке, быстро отмирают, другие обнаруживают большую приспособленность. Видовое разнообразие реопланктона обычно возрастает с продвижением от истоков к устью реки, особенно если река питается ледниковыми, болотными или родниковыми водами. В этих случаях в своем истоке она практически лишена фито- и зоопланктона, в толще воды присутствует только бактериопланктон. С продвижением к устью реки и образова-

нием придаточных водоемов, в которых появляются планктонные водоросли и животные, реопланктон становится богаче. Иногда он снова может обедняться, если движение воды столь сильно, что вызывает механическое разрушение организмов (например, это наблюдается на порожистых участках рек). Среди планктонных водорослей в реках наибольшее значение имеют диатомовые, зелёные, сине-зелёные, эвгленовые, золотистые и др.

Вследствие поступательного и турбулентного движения воды планктон в реках распределяется довольно равномерно как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении.

Количество планктона в реках на протяжении года сильно меняется, падая до минимума зимой и во время половодья вследствие разбавления талыми водами, почти не содержащими каких-либо организмов. От весны к лету благодаря размножению многих форм возрастает. Тем не менее, количество планктона заметно зависит от изменений уровня воды. Когда уровень понижается, вода придаточных водоемов, богатых планктоном, поступает в русло реки, и реопланктон становится обильнее. Во время поднятия уровня вследствие притока дождевых вод и усиления таяния ледников зоопланктон количественно обедняется. После летнего максимума численность планктонных организмов начинает снижаться, что в первую очередь связано с переходом многих гидробионтов к покоящейся на дне зимней стадии.

Лимнопланктон (планктон озёр), в отличие от речного, состоит почти исключительно из автохтонных элементов.

Фитопланктон. В этой группе наиболее обычны диатомовые, зелёные и сине-зелёные водоросли. Зимой наблюдается минимум фитопланктона, стратификации в его распределении не прослеживается. Весной начинается массовое размножение диатомовых, затем им на смену приходят зелёные водоросли. В начале лета в массе появляются сине-зелёные, отмирающие осенью. Важный момент, определяющий периодичность массового появления водорослей, – присутствие в воде различных биогенов. Например, диатомовые водоросли требовательны к железу, недостаток которого часто ограничивает их численность. Весной железа в воде озёр относительно много, летом оно исчезает, а к осени снова появляется, соответственно изменяется численность диатомовых. Массовое развитие зелёных водорослей наблюдается летом, когда железа становится мало, а солей азота (появляющихся в результате распада отмирающих организмов) много. Биомасса водорослей в разных озёрах мира колеблется в пределах 0,0003–300 г/м³. Биомасса фитопланктона озёр зависит скорее от биолимнологического типа водоема, чем от его широтного положения.

Зоопланктон озёр в основном состоит из жгутиковых, инфузорий, коловраток, ветвистоусых и веслоногих рачков. В холодных озёрах преобладают коловратки и веслоногие рачки. При этом ветвистоусые немногочисленны либо вообще отсутствуют. Наибольшего богатства зоопланктон достигает в середине лета, когда в массе появляются водоросли, затем, начиная с середины лета, его биомасса и численность снижаются. Коловратки, как правило, появляются в значительных количествах раньше, чем ракообразные, и раньше перестают играть важную роль в зоопланктоне. Наибольшая численность и биомасса планктона наблюдается в поверхностных слоях, причем в разные сезоны года характер вертикального распределения зоопланктона меняется. В наибольшей степени вертикальная стратификация зоопланктона выражена в тёплое время года, в наименьшей – зимой.

Зоопланктон рек практически отсутствует в толще потока, но в небольших количествах может быть представлен в затишных участках водотоков, на крупных глубоких плёсовых участках и в потамальной зоне.

Нейстон и плейстон. С поверхностной пленкой воды связана жизнь двух экологических форм гидробионтов *нейстона* и *плейстона*.

Нейстон (греч. *neustos* – плавающий). В нейстоне в большом количестве развиваются бактерии и простейшие, они подразделяются на эпи- и гипонейстон. *Эпинеuston* представлен организмами, населяющими поверхность водной пленки (водомерки). Организмы *гипонейстона* прикрепляются к пленке натяжения снизу, используя ее в качестве перевернутого субстрата. Таким способом, «вверх ногами», живут некоторые моллюски, личинки многих комаров, плоские черви – турбеллярии, некоторые насекомые (жук-вертячка). Важным компонентом гипонейстона является икра рыб. В хорошо прогреваемом тонком приповерхностном водном слое она развивается быстро, как в инкубаторе. Все нейстонные организмы объединяет наличие специальных приспособлений, позволяющих им свободно держаться у поверхности воды или на самой поверхности, как на твердом субстрате. Такими приспособлениями служат облегчающие вес газовые вместилища, жировые включения, несмачиваемость покровов, специальные поплавки.

Плейстон (греч. *pleo* – плыву). К плейстону относятся растительные и животные организмы средних и крупных размеров, тело которых находится одновременно в водной и воздушной среде; перемещаются под влиянием ветра и течений, поэтому для представителей плейстона характерна двойственность приспособлений – и к обитанию в воде и в воздушной среде. Так, у плейстонных растений (фитоплейстон) дыхание происходит как за счет поглощения атмосферного, так и растворённого в воде кислорода.

Морфологические приспособления плейстона в основном направлены на обеспечение остойчивости и непотопляемости. Центр тяжести плейстонных организмов находится в нижней части их тела.

В озерах нейстон и плейстон представлены богаче, чем в других континентальных водоёмах. По поверхностной пленке бегают клопы-водомерки, жуки-вертячки, мухи. По нижней её поверхности перемещаются различные водные клопы и жуки, скользят моллюски (*Lytnaeta*), некоторые рачки, подвешиваются личинки комаров (*Culex*, *Anopheles*) и другие насекомые. С поверхностью воды связана жизнь некоторых высших растений, таких, как элодея, ряска, водный орех. В реках эти жизненные формы почти полностью отсутствуют из-за турбулентного движения воды.

Нектон. Нектон представлен исключительно животными: рыбами, рептилиями (змеи, черепахи), амфибиями (tritоны) и водными млекопитающими. У всех представителей нектона тело прекрасно приспособлено к плаванию. Оно часто имеет торпедообразную обтекаемую форму, обеспечивающую наименьшее сопротивление воды при быстром движении. Многие рыбы могут плавать только в определенном диапазоне глубин. Для этой цели у большинства костистых рыб имеется плавательный пузырь, при помощи которого они поддерживают гидростатическое равновесие на определенной глубине.

Нектон в реках и озерах представлен почти исключительно рыбами. Видовое разнообразие рыбного населения особенно велико в реках низких широт. Ихтиофауна озер представлена преимущественно жилыми, озёрно-речными и проходными рыбами. Северные и высокогорные озёра нашей страны богаты лососевыми рыбами, в южных районах наиболее характерны карповые. По видовому составу наиболее разнообразно рыбное население олиготрофных озер, хотя в количественном отношении оно беднее, чем в эвтрофных. В прибрежье ихтиофауна

богаче и численность рыб выше, чем в открытой части водоёмов, где хуже условия питания, а также меньше мест, пригодных для укрытия от хищников.

В последние десятилетия наблюдается отчетливая тенденция к обеднению ихтиофауны многих рек и озер. В большой степени это связано с антропогенной нагрузкой на водоемы – загрязнение водной среды и грунтов, строительство гидротехнических сооружений и т.д. Стабилизировать сложившуюся ситуацию можно лишь при снижении антропогенной нагрузки.

Бентос и перифитон. В состав бентоса входят бактерии (бактериобентос), растения (фитобентос) и животные всех типов (зообентос). Размеры бентосных животных могут отличаться на несколько порядков величин.

Бентосные организмы отличаются от пелагических рядом приспособлений для связи с субстратом. В то время как для планктонных организмов весьма существенны небольшие размеры и удельный вес, близкий к удельному весу воды, у донных гидробионтов отмечено большое разнообразие размеров, формы и удельного веса. Для донных животных характерны известковые раковины, удлиненные выросты и разветвленная форма тела, развитие различных придатков, присосков и мускулатуры тела, которые позволяют им передвигаться по поверхности осадков и в их толще.

Организмы, обитающие на поверхности субстрата, относятся к *эпибентосу* (для животных применяют термин «*эпифауна*»). Они могут свободно перемещаться по грунту, лежать на нём или прикрепляться к его поверхности. В состав эпибентоса входят как животные, так и растения. Гидробионты, внедряющиеся вглубь субстрата, образуют *эндобентос*. Эндобентос представлен исключительно роющими и сверлящими животными. Для обозначения этой группы донных животных часто применяют термин *инфауна*.

По степени подвижности все бентосные организмы можно разделить на *бродячие* (вагильные) формы (раки, личинки насекомых), *седентарные* формы, которые лежат на грунте, не делая значительных перемещений в пространстве (двустворчатые моллюски), и *прикрепленные*, или *сессильные* (губки, мшанки).

По размерному признаку бентосные организмы делятся на 3 группы: *микро-, мейо- и макробентос*.

Донные и придонные рыбы, которые питаются бентосом всех размерных категорий, часто входят в состав бентоса на личиночных стадиях. Многие виды донных рыб обитают непосредственно на дне или над дном (в качестве эпифауны), но некоторые виды могут закапываться в поверхностные слои осадка. Приспособления гидробионтов к бентосному образу жизни прежде всего сводятся к развитию средств удержания на твердом субстрате, защите от захоронения оседающей взвесью и выработке наиболее эффективных способов передвижения. Очень характерны для донных организмов приспособления к временному переходу к планктонному образу жизни. Большинство бентосных форм имеют свободноплавающую планктонную личинку, что дает малоподвижным животным возможность для значительных перемещений, что очень важно для их расселения или смены биотопов. Для бентосных гидробионтов весьма важной особенностью является сохранение приуроченности к определенному биотопу вопреки различным смещающим агентам (движению воды, инерционным силам). Это достигается *повышением удельного веса, прикреплением к субстрату, заглублением в него и развитием различных средств закоривания*. Повышение плотности достигается развитием массивных скелетных образований (панцири раков, рако-

вины двустворчатых и брюхоногих моллюсков). Прикрепление к субстрату наблюдается у многих растений, простейших, губок и ракообразных. Развитие прикрепленных форм животных – одна из характерных особенностей жизни в водной среде. У всех сидячих форм наблюдается упрощение организации, например, редуцируются органы световосприятия и передвижения. Заглубление в субстрат осуществляется в форме частичного или полного закапывания в грунт. У ряда гидробионтов фиксация достигается уплощением тела, образованием всевозможных выростов, усиливающих сцепление с грунтом. У донных двустворчатых моллюсков нижняя створка имеет, как правило, большие размеры, чем верхняя. Для форм, свободно двигающихся по дну, характерно несколько способов передвижения: *хождение* (ракообразные, некоторые личинки насекомых); *ползание* с помощью амёбоидных движений (корненожки), или перистальтических сокращений тела (черви), а также с помощью ресничек (инфузории, черви). В толще грунта животные перемещаются в узких ходах между частицами, раздвигая их. Передвижение между частицами грунта без нарушения его текстуры возможно только для очень мелких организмов, обладающих, как правило, нитевидной формой тела (многие инфузории, коловратки, нематоды, т.е. относящиеся к размерным категориям микро- и мейобентос).

Бентос рек преимущественно представлен животными (донные растения обильны только в реках с прозрачной водой). Наибольшее значение в бентосе имеют лито-, псаммо- и пелореофильные формы.

Литофильные формы – гидробионты, поселяющиеся на твёрдых, каменистых субстратах: многие водоросли, губки, мшанки, ресничные черви, олигохеты, пиявки, личинки ручейников, подёнок, веснянок, хирономид и других насекомых, некоторые моллюски.

Псаммофилы – гидробионты, населяющие песчаное дно; представлены мелкими организмами: бактериями, водорослями, простейшими, коловратками, нематодами, олигохетами, личинками хирономид, высшими ракообразными, некоторыми моллюсками.

Пелореофилы – гидробионты, предпочитающие илистые грунты. Из пелореофилов наиболее обычны бактерии, одноклеточные водоросли, простейшие, олигохеты, личинки хирономид, многие двустворчатые и брюхоногие моллюски.

В зарослях водных растений образуются *фитореофильные* группировки, биомасса и видовое разнообразие которых отличаются высокими показателями.

Распределение бентоса в реках сопровождается закономерным изменением его видового состава и биомассы от истока к устью (продольное распределение) и с продвижением от берегов к медиали (поперечное распределение). Характер этих изменений в реках разного типа и на различных участках неодинаков. В горных реках, где преобладают литофильные организмы, бентос поперек русла распределяется довольно равномерно, как по видовому составу, так и в количественном отношении. В равнинном течении по направлению к середине русла биомасса организмов бентоса обычно падает, но их численность часто возрастает. Это объясняется тем, что в прибрежье грунты богаче органическим веществом, течение медленнее, здесь могут существовать сравнительно крупные организмы, поскольку им не грозит снос, пищи здесь достаточно. Ближе к стрежню реки на течении удерживаются более мелкие формы, зарывающиеся в песок. В низовьях равнинных рек в связи с однообразием встречающихся здесь грунтов распределение бентоса становится более равномерным как в видовом, так и в количественном от-

ношении. Бентос рек резко обедняется в паводковое время, когда при высокой скорости течения воды из грунта вымываются и сносятся вниз многие группы гидробионтов. В наибольшей степени обедняется после паводка население заиленных грунтов, да и сами эти грунты почти полностью смываются. После прохождения паводка, по мере падения скорости течения, стабилизации грунтов и их заиления бентос постепенно обогащается. Наиболее богат бентос в предпаводковое время. Этот фактор следует учитывать при планировании отбора проб: пробы отбираются в меженное время или, по крайней мере, спустя 5 дней после умеренного выпадения осадков и около 7 дней после сильных паводков, тайфунов.

Бентос озёр достигает наибольшего видового разнообразия и количественного богатства в зоне литорали, меньше его в сублиторали, особенно – в профундали. Это объясняется тем, что донные растения произрастают в озерах только на мелководье, поэтому глубинные зоны беднее пищей, необходимой животным, которые питаются этими растениями. В озерах фитобентос обычно появляется в литорали и исчезает на глубине 4–5 м. В озерах с прозрачной водой, таких, как Севан, Байкал, Телецкое, донные растения встречаются до глубин 25–30 м, а в отдельных случаях – глубже 45–50 м. Скалистая и каменистая литораль озёр, как и открытые песчаные берега, лишены зарослей макрофитов, которые более характерны для мягких грунтов, не подверженных действию сильного прибоя.

Зообентос озёр, подобно фитобентосу, наиболее богат в зоне литорали и наименее – в профундали. На камнях прибойного побережья, покрытых водорослями, встречаются личинки многих видов насекомых, в частности, хирономид, ручейников, подёнок и веснянок, а также моллюски, веслоногие рачки, водяные клопы, губки, пиявки. Прибойная песчаная литораль заселена менее обильно и более однообразно, поскольку условия существования здесь малоблагоприятны из-за отсутствия растений и из-за подвижности грунта. Для этого биотопа наиболее характерны олигохеты, личинки комаров, круглые черви. В местах с более слабым прибоем к перечисленным животным добавляются личинки стрекоз, ручейников, некоторые моллюски. Там, где прибоя нет или почти нет и грунт стабилизируется, происходит его заиление, зообентос становится богаче и обильнее. В сублиторали и профундали озёр все большее место в донных осадках занимают илы, и соответственно возрастающему однообразию грунтов качественно обедняется фауна. Биомасса и численность бентоса в сублиторали и профундали сравнительно невелики.

Сидячие и подвижные формы гидробионтов обитают не только на дне, они могут населять живые и неживые субстраты под водой, в том числе вводимые человеком (подводные части кораблей, плотов, свай, бакенов). Такие жизненные формы совокупно обозначают как *перифитон*. В ряде случаев чёткую границу между бентосом и перифитоном провести невозможно. В состав перифитона входят бактерии, грибы, диатомовые водоросли, простейшие, мшанки, черви, низшие ракообразные, двустворчатые моллюски и ряд других организмов.

Перифитон рек складывается из форм, поселяющихся на мхах и цветковых растениях. На их поверхности живут многочисленные бактерии и водоросли, простейшие, личинки насекомых.

Перифитон озёр в значительных количествах встречается на макрофитах в местах со слабым движением воды. На стеблях и листьях высших растений образуются налёт водорослей, поселяется большое количество различных животных.

Микро-, мезо- и макрозообентос. По размерному признаку выделяют микрозообентос, мезо(мейо)зообентос и макрозообентос [13].

Микрозообентос. Длина тела не превышает 0,1 мм. В данную группу включают простейших (инфузории и др.), мелких нематод, клещей, низших ракообразных, зародышей различных гидробионтов. Принято выделять *эумикрозообентос* – организмы, размеры тела которых во взрослом состоянии не превышают 0,1 мм, и *псевдомикрозообентос*, размеры тела которых не превышают 0,1 мм на разных этапах жизненного цикла.

Мезо(мейо)зообентос. Длина тела от 0,1 до 2,0 мм. В данную группу входят представители класса гидроидных, нематоды, олигохеты, плоские черви, мелкие брюхоногие и жаберные моллюски, мелкоразмерные ракообразные и др.

Макрозообентос. Длина тела превышает 2,0 мм. Это личинки насекомых, моллюски, кольчатые черви, ракообразные, плоские черви и др. Макрозообентос особенно интересен тем, что его легко определять до групп даже без применения оптики; в некоторых случаях легко определять до уровня семейств и даже родов, что является чрезвычайно важным для общественного мониторинга и для проведения экспресс-экспертиз.

2.2.2. Амфибиотические насекомые. Водные фазы. Имаго

В пресных водах часто встречаются личинки насекомых, которые в водотоках часто имеют очень высокие качественные (биоразнообразие) и количественные показатели (плотность и биомасса). Они играют важную роль в трофической структуре водоёмов, являются значимым элементом кормовой базы многих видов рыб.

Насекомых, неполовозрелые фазы которых населяют водную среду, а взрослые фазы (имаго) переходят к наземному образу жизни, называют *амфибиотическими*. Обычно в водной среде обитают личиночные стадии, но у некоторых отрядов (жуки, водные клопы) водный образ жизни ведут и взрослые особи.

Большинство личинок амфибиотических насекомых используют для дыхания растворённый кислород, поэтому многие из них очень чувствительны к загрязнению, так как известно, что концентрация растворённого кислорода при поступлении загрязняющих веществ снижается.

Личинок амфибиотических насекомых группируют по категориям местобитаний и способам существования (рис. 2.4):

Бегуны (skaters) – организмы нейстона, которые приспособились к скольжению по поверхностной плёнке воды и питаются, как мусорщики или хищники, организмами, упавшими на поверхность водной плёнки (например, водные клопы-водомерки).

Планктёры (plancter) – обитатели открытой зоны стоячих вод (озёра, болота, пруды). Они могут плавать и парить в открытой воде, обычно демонстрируют дневные вертикальные миграции или всплывают к поверхности, чтобы дышать атмосферным кислородом или добыть еду; могут нырять в случае тревоги (двукрылые сем. Culicidae – кровососущие комары).

Ныряльщики (divers) – адаптированы к активному плаванию обычно с использованием задних ног; встречаются в стоячих водоёмах и затишных участках водотоков, поднимаясь к поверхности воды для получения атмосферного кислорода, они способны интенсивно нырять и плавать для добывания пищи или, когда встревожены, могут цепляться или ползать по погруженным объектам, в том

числе, по стеблям сосудистых растений (водные клопы Corixidae; хищные жуки-плавунцы Dytiscidae).

Пловцы (swimmers) – адаптированы к активному плаванию, подобно рыбам, в быстротоках или лентических средах обитания; могут цепляться за погружённые объекты, такие, как валуны на перекатах или сосудистые растения в стоячих водоёмах в промежутках между кратковременными периодами активного плавания (личинки подёнок из семейств Caenidae, Siphonuridae, Baetidae, Leptophlebiidae).

Прицепщики (clingers) – имеют специальные морфологические приспособления (коготки ног или анальных ножек, дорсовентральные уплощения или брюшные жаберы, функционирующие как присоски) или создают искусственные приспособления – убежища, позволяющие плотно прикрепляться к поверхности субстратов и сопротивляться смыву течением в быстротоках или приливным волнам в скалистых прибрежных зонах озёр (подёнки Heptageniidae; ручейники Hydropsychidae; двукрылые Blephariceridae).

Ползающие (sprawlers) – обитают на поверхности плавающих листьев сосудистых гидрофитов или среди мелкодисперсных осадков на поверхности водоёмов с приспособлениями для пребывания наверху субстрата, позволяющего осуществлять дыхание в условиях, свободных от взвешенных частиц (подёнки Caenidae, стрекозы Libellulidae).

Взбирающиеся (climbers) – адаптированы к обитанию на сосудистых макрофитах или детритных фрагментах, частях деревьев (ветки, стволы и корни поваленных деревьев), полупогруженных в русле водотоков с приспособлениями к взбиранию к верхним частям субстрата вертикально поверхности основы (стрекозы Aeshnidae).

Роющие (burrowers) – обитают в зонах мелкодисперсных осадков (ил, илисто-песчаные отложения) быстротоков и озёр. Некоторые строят норы, окончания которых могут выступать выше поверхности слоя отложений (роющие подёнки Ephemeridae, большинство хирономид Chironomini).

2.3. Макрофиты

Макрофиты – крупные водоросли, мхи и сосудистые растения, нормально развивающиеся в условиях водной среды и избыточного увлажнения и обитающие как в воде, так и в прибрежной зоне. Макрофиты являются одним из важнейших компонентов водных экосистем. Будучи первичными продуцентами органического вещества, они представляют собой начальное звено в круговороте вещества и энергии. Растения оказывают влияние на химические и физические свойства воды. Они служат мощным биологическим фильтром в процессе естественного самоочищения водоёмов (физическое осаждение загрязнителей на органах растений, аккумуляция, включение в метаболизм). Кроме того, они играют важную средообразующую роль, создавая местообитания для многих организмов. Иными словами, макрофиты являются *эдификаторами* и играют огромную роль в поддержании сложившегося естественного равновесия в водоемах.

Растения, произрастающие в условиях переувлажнения или непосредственно в воде, обладают рядом морфоанатомических, физиологических и биохимических особенностей, обеспечивающих их существование в данных условиях. Чем теснее связь растения с водой, тем сильнее проявляются эти черты. У воздушно-водных растений имеются мощные корневища, выполняющие накопи-

тельную функцию, во всех органах присутствует хорошо развитая воздухоносная ткань – *аэренхима* для лучшего снабжения подземных органов растений, находящихся в заиленных грунтах (тростник, камыш, рогоз). У укореняющихся растений с плавающими листьями стебель либо очень тонкий (рдест плавающий), либо превращен в толстое подземное корневище с накопительными функциями (кубышки, кувшинки). Плавающие листья обычно бывают покрыты восковым налетом для уменьшения испарения влаги, устьица находятся только на внешней поверхности листа, а пробковая ткань придает им плавучесть. У погруженных растений наблюдаются значительные изменения в анатомическом строении. Так как газообмен и питание у них происходят при всасывании воды и растворенных в ней веществ через всю поверхность, устьица отсутствуют. Механические и проводящие ткани развиты слабо.

Согласно экобиоморфологической классификации В.Г. Папченкова (1985) макрофиты разделяют на три типа и 11 групп:

Настоящие гидрофиты:

- гидрофиты, свободно плавающие в толще воды;
- гидрофиты погруженные, прикрепленные к субстрату;
- гидрофиты, свободно плавающие на поверхности воды;
- гидрофиты, укореняющиеся с плавающими на поверхности листьями.

Гелофиты, или воздушно-водные растения:

- высокотравные гелофиты;
- низкотравные гелофиты;
- приземные гелофиты.

Околоводные растения:

- гигрогелофиты;
- травянистые гидрофиты;
- древесные гидрофиты;
- гигромезофиты.

При благоприятных для жизни растений условиях у берегов различается несколько зон, или поясов, сменяющих друг друга в зависимости от глубины (рис. 2.4). Каждая из зон складывается сообществами видов, принадлежащих к определенным экобиоморфам, что связано со степенью их связи с водной средой. Как правило, у самого берега до глубины 1–2 м произрастают надводные растения: тростник, камыш, стрелолист, рогоз, лотос и многие другие. Далее следует пояс растений с плавающими листьями, которые представлены кувшинками, кубышками, рдестами, гречихой земноводной. Растут такие растения обычно до глубины 2–2,5 м. Еще глубже продвигаются растения погруженные, среди которых наиболее характерны многие рдесты, водяной лютик, находящиеся под водой целиком и лишь во время цветения выставляющие над водой свои соцветия.

По берегам водотоков часто развиваются мхи. Самый известный из них – мох *Fontinalis*, часто встречающийся на затопленных деревьях и камнях в прозрачных речках.

Помимо горизонтальной для сообществ характерна вертикальная зональность, или *ярусность*. В основном исследователи различают следующие ярусы:

- *надводный* (высокий, средневысокий, низкий подъярусы);
- *плавающий* (плавающий и с плавающими листьями);
- *подводный* (высокий, средневысокий, придонный подъярусы).

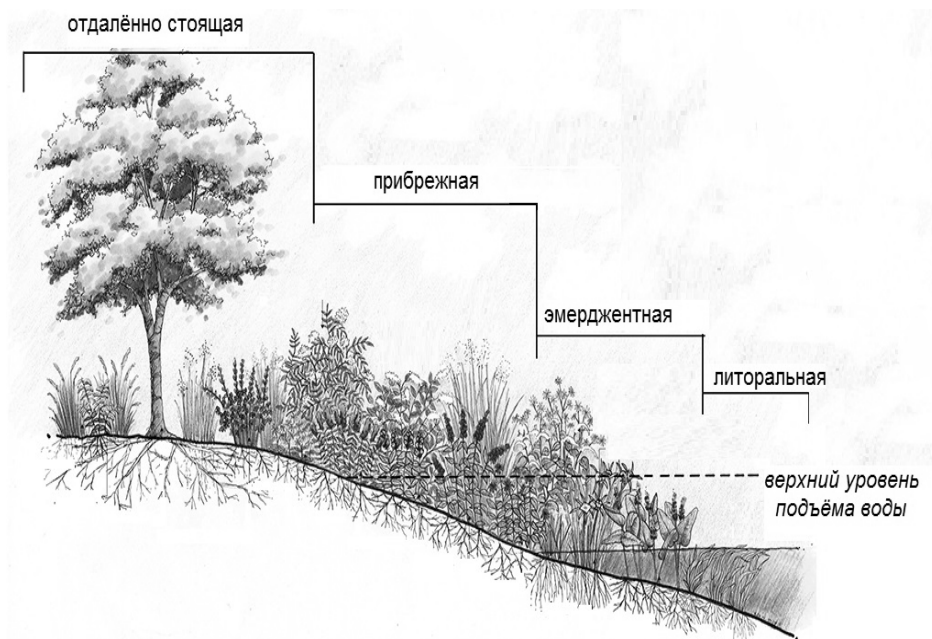


Рис. 2.4. Пояса прибрежной растительности

Таким образом, жизненная форма организмов отражает их приспособленность к условиям окружающей среды. Внешне жизненные формы характеризуются схожестью основных морфологических черт и поведенческих признаков. Между описанными жизненными формами гидробионтов нет резких, чётко очерченных границ. Например, иногда трудно разграничить планктон и нектон. Многие организмы нектона настолько малоподвижны, что тяготеют по образу жизни к планктону. В свою очередь пассивность зоопланктона весьма относительна. Некоторые рачки, например, способны совершать резкие прыжки и скачки и активно перемещаются на значительные расстояния.

Достаточно трудно отнести к какому-либо комплексу животных, ведущих придонно-ползающий образ жизни (*нектобентические* организмы). Наконец, общим правилом для многих водных организмов является чередование своей принадлежности к той или иной жизненной форме на разных стадиях индивидуального развития. Так, икра рыб обычно входит в нейстон, их личинки и молодь – в планктон, а взрослые особи ведут нектонный образ жизни.

В связи с невозможностью жесткого подразделения населения гидроэкосистем на четко обозначенные жизненные формы следует подчеркнуть, что природа не классифицирует, любое разделение на группы, типы мы производим сами для собственного удобства.

2.4. Водоросли

Водоросли широко распространены и обнаружены на всех континентах и в областях Земного шара. Водоросли живут в основном в водной среде: в лужах, ручьях, реках, озёрах, морях и океанах, но встречаются и в почве, на её поверхности, на скалах, стволах деревьев, внутри известняковых субстратов, в воздухе, горячих источниках, ледяных формациях.

Тело водорослей лишено настоящих стеблей, листьев и корней и представляет собой *таллом*, или *слоевидице* (иногда состоящее из одной клетки). Водоросли включены в обширную группу *низших растений*, представляющую собой сборную группу живых организмов, которым не свойственна дифференциация тканей. Данный термин употреблялся в ботанике до второй половины XX века, а в группу низших растений включали бактерии, водоросли, лишайники и грибы. По своему строению водоросли отличаются от других представителей низших тем, что их клетки содержат хлорофилл, благодаря которому они обладают способностью фотосинтеза. Водоросли – это низшие, т.е. слоевищные (лишенные расчленения на стебель и листья) споровые растения, содержащие в своих клетках хлорофилл и живущие преимущественно в воде. Низшие растения – гетерогенная экологическая группа преимущественно фотоавтотрофных одноклеточных, колониальных или многоклеточных организмов, обитающих, как правило, в водной среде, в систематическом отношении представляющая собой совокупность многих отделов.

Водоросли играют огромную, как положительную, так и отрицательную, роль в природе и жизни человека. Например, в водоёмах как создатели органического вещества эти низшие растения являются первым звеном пищевых цепей. Водоросли – калорийная пища для водных беспозвоночных – червей, личинок насекомых, моллюсков. Некоторые пресноводные водоросли являются съедобными и для людей. Во многих странах мира для пищевых и косметических целей культивируются водоросли хлорелла и спирулина.

В водной среде водоросли продуцируют свободный кислород и играют значительную роль в общем балансе кислорода на Земле.

Водоросли могут играть и отрицательную роль в природе. Так называемое «цветение» воды – чрезмерное развитие планктонных водорослей в водоёмах, приводящее к резкому ухудшению качества воды. Вода приобретает затхлый, землистый вкус и запах. Сине-зеленые водоросли продуцируют токсины, которые могут вызвать кишечные заболевания, судороги, конъюнктивит, аллергию; чрезмерное развитие токсичных водорослей может приводить к массовой гибели рыбного населения.

Всего выделяют десять отделов водорослей: сине-зеленые, зеленые, диатомовые, золотистые, желто-зеленые, бурые, красные, эвгленовые, динофитовые, харовые.

В стоячих водоёмах при массовом развитии сине-зелёных водорослей вода приобретает голубовато-зелёный оттенок, а на поверхности её появляются голубоватые пенные скопления. Часто на поверхности стоячих водоёмов плавает так называемая «тина» – это скопления нитчатых зелёных водорослей. Слизистые зелёные плёнки на почве в пересыхающих лужах это тоже водоросли. Вытаскивая ветки, долгое время находящиеся в стоячей воде, на их поверхности можно заметить бесформенные бурые рыхлые скопления, зелёные слизистые шарики или даже небольшие зелёные разветвленные кустики, состоящие из тонких нитей – это тоже скопления водорослей.

Если обследуется проточный водоём: река или ручей, следует обращать внимание на камни в реке. Если они покрыты скользким бесцветным или слегка буроватым налётом, это значит, что на камнях развиты скопления диатомовых водорослей. Иногда на камнях имеются плёнчатые слизистые дерновинки или легко снимающиеся корочки коричневого, зелёного или голубовато-зеленого цвета. Это – обрастания сине-зелёных водорослей. Часто в очень чистых холодных ручьях можно увидеть прикрепленные к камням сли-

зистые тужи или косички коричневого цвета, иногда длиной до 1 м – это золотистые водоросли.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику континентальным водоемам:
 - текущие (лотические) водные объекты (водотоки, быстротоки);
 - стоячие (лентические) водоёмы.
2. Какие выделяются категории водотоков?
3. Приведите классификацию родников, источников.
4. Приведите классификацию рек по величине бассейна и длине русла.
5. Приведите классификацию рек по температурному показателю.
6. Какие существуют типы классификаций речных экосистем, учитывающие особенности гидрологии, водного населения и его распределения вдоль русла?
7. Дайте характеристику озёр в соответствии с их классификациями:
 - по расположению;
 - по происхождению;
 - по водному балансу;
 - по типу минерализации;
 - по трофности.
8. В чем отличие понятий «пруд» и «водохранилище»?
9. Как Водный кодекс РФ определяет понятия водоохранных зон и прибрежных защитных полос?
10. Что такое жизненная форма организмов?
11. Дайте характеристику жизненных форм:
 - планктон;
 - нейстон;
 - плейстон;
 - нектон;
 - бентос.
12. В чем заключается экологическая функция макрофитов – важнейших компонентов водных экосистем?
13. Дайте характеристику типов и групп макрофитов:
 - настоящие гидрофиты (гидрофиты, свободно плавающие в толще воды; гидрофиты погруженные, прикрепленные к субстрату; гидрофиты, свободно плавающие на поверхности воды; гидрофиты, укореняющиеся с плавающими на поверхности листьями);
 - гелофиты, или воздушно-водные растения (высокотравные гелофиты; низкотравные гелофиты; приземные гелофиты);
 - околотовные растения (гигрогелофиты; травянистые гидрофиты; древесные гидрофиты; гигромезофиты).
14. Как распределена прибрежно-водная растительность в береговой зоне? Какова вертикальная и горизонтальная структура фитоценозов?
15. В чем состоит положительная и отрицательная роль водорослей в водных экосистемах?
16. Какова роль водорослей при оценке состояния водоемов и контроле качества воды в них?
17. Как вычисляется индекс сапробности водоема на основании списка видов водорослей?

Глава 3. ЧТО НУЖНО ЗНАТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОНИТОРИНГА ВОДОТОКОВ

3.1. Структурные элементы пресноводной экосистемы

3.1.1. Экорегион. Пресноводные экорегионы мира

В мире и, в частности, в России понятие «экорегионы» применяется Всемирным фондом дикой природы и природоохранными органами при планировании природоохранной деятельности, в научных исследованиях, при мониторинге и охране экосистем. Появление термина «экорегион» явилось следствием роста интереса к экосистемам и их функционированию. Согласно принципам системного подхода, установившегося в экологии, совокупность взаимосвязанных экосистем образует единое целое, не сводимое к сумме составляющих его частей. Всемирный фонд дикой природы опубликовал список 200 наиболее ценных с точки зрения их охраны экорегионов, известный как список «Global 200». Некоторые экологические движения выступают за использование экорегионов в качестве основной территориальной единицы организации общества и управления ими.

Пресноводные экорегионы – крупные акватории (водные бассейны), охватывающие одну или несколько пресноводных экосистем, которые обладают выраженным набором пресноводных биотических сообществ и видов. Видовой состав, динамика и экологические условия в пределах экорегиона имеют больше сходства между собой, чем с соседними экорегионами, и вместе образуют единую природоохранную территориальную единицу.

Практически вся суша поделена на 426 пресноводных регионов, в рамках которых формируются группы, сходные по условиям обитания, – типы местообитаний. Специалисты Всемирного фонда дикой природы выделяют 12 основных типов пресноводных местообитаний. Они объединяют экологические регионы по сходным биологическим, химическим и физическим характеристикам и рассматривают их как аналоги биомов суши:

- крупные озёра (*large lakes*),
- дельты крупнейших рек (*large river deltas*),
- полярные пресноводные системы (*polar freshwaters*),
- горные пресноводные системы (*mountain freshwaters*),
- прибрежные реки умеренного пояса (*temperate coastal rivers*),
- поймы рек умеренного пояса и болота (*temperate floodplain rivers and wetlands*),
- реки нагорий умеренного пояса (*temperate upland rivers*),
- пересыхающие водоёмы и преимущественно дождевые бассейны (*arid freshwaters and endorheic basins*),
- пресные воды океанических островов (*oceanic islands*),
- тропические и субтропические реки морских побережий (*tropical and subtropical coastal rivers*),
- тропические и субтропические равнинные реки, и водно-болотные угодья (*tropical and subtropical floodplain rivers and wetlands*),
- тропические и субтропические горные реки (*tropical and subtropical upland rivers*).

На Дальнем Востоке России выделяют 15 пресноводных экорегионов, связанных к определённым крупным водным бассейнам или биогеографическим выделам (рис. 3.1).

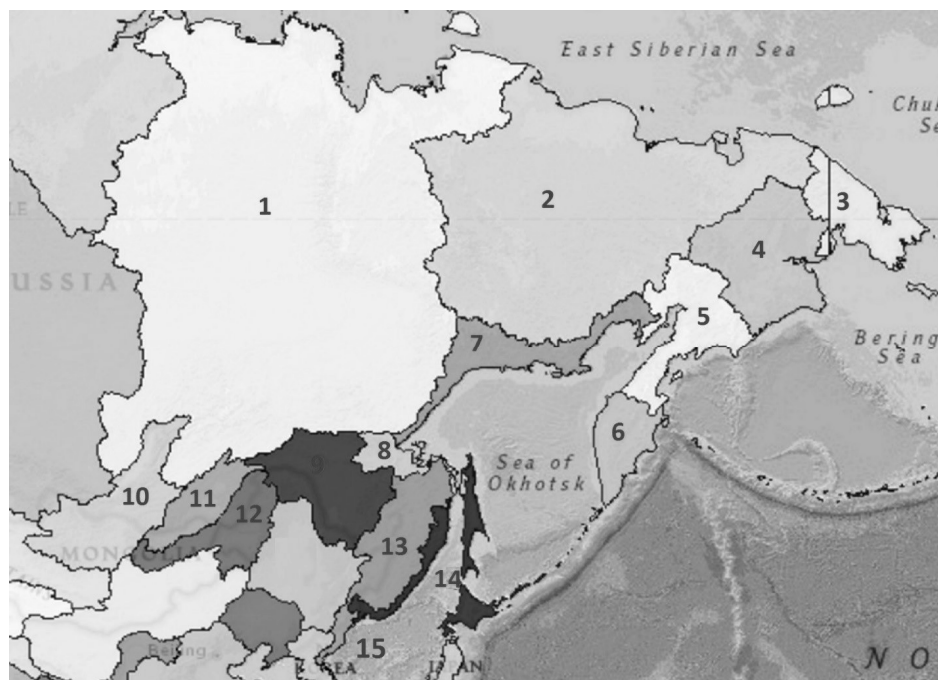


Рис. 3.1. Пресноводные экорегионы Дальнего Востока России: 1 – бас. р. Лена, 2 – бас. р. Колыма, 3 – Восточная Чукотка, 4 – бас. р. Анадырь, 5 – Корякское нагорье, 6 – Камчатка, Северные Курилы, 7 – Охотское побережье, 8 – Прибрежные территории в районе устья Амура, 9 – Средний Амур, 10 – оз. Байкал, 11 – бас. р. Шилка, 12 – бас. р. Аргунь, 13 – бас. Нижнего Амура, 14 – Сахалин, Хоккайдо, Восточный Сихотэ-Алинь, 15 – восточное побережье Восточно-Маньчжурских гор (или экорегион Hamgyong-Sanmaek) (Источник: www.feow.org/globalmap)

3.1.2. Элементы речного бассейна и речного русла

При организации и проведении мониторинговых работ необходимо представлять иерархичность и соподчинённость пространственных участков водных бассейнов от самого крупного ландшафтного выдела – экорегиона до низших структурных элементов – микробиотопов и их частей.

Речной бассейн – целостная, открытая система, организованная в градиентном порядке, связанная с высотным падением потока основными абиотическими (температура воды, уклон, скорость течения, ширина и глубина русла, расход воды, степень освещённости водотока, характер субстрата и донных отложений, обилие отложений и др.) и биотическими факторами (облесённость, характер растительности, наличие и обилие обрастаний, детрита и др.).

Элементы речной экосистемы в зависимости от преобладающих гидрологических процессов можно также разделить на два основных типа: *зоны эрозии* с преобладанием транзитных процессов твёрдого вещества и *зоны седиментации* с преобладанием депозитных процессов (рис. 3.2).

Выделяют также и промежуточные, переходные, зоны.

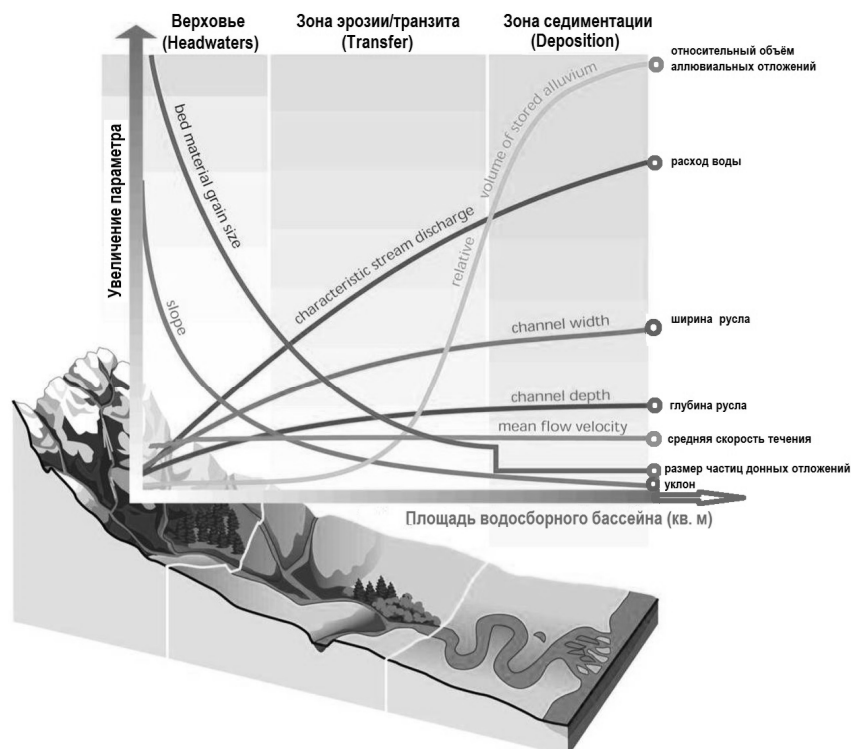


Рис. 3.2. Отделы речного бассейна и градиентные изменения факторов среды

Несмотря на градиентность изменения факторов, в бассейне реки, вдоль русла и на отдельных участках русла формируются определённые иерархически связанные морфологические элементы (рис. 3.3).

Для выделения основных иерархических (соподчинённых, включённых один в другой) единиц водного бассейна можно пользоваться термином «экосистема», придав этому «безразмерному» термину некую размерность, добавляя к первой части слова приставки условной размерности: мега-, мезо-, мили-, микро-, как это используется, например, в ландшафтоведении. Таким образом, составные части иерархической системы речного бассейна можно представить следующим образом:

- *мегаэкосистема* – водный бассейн реки (например, бассейн крупной, средней, малой реки);
- *макроэкосистема* – продольные зоны водотока (*креналь*, *ритраль*, *потамаль* и их подзоны);
- *мезоэкосистема* – структурные части русла водотока: продольные – *плёс*, *перекат*, *слив*; поперечные – *рипаль* (область прибрежья) и *медаль* – срединный участок русла (может иногда совпадать со стрежнем). Стрежень – наиболее быстрая часть течения реки, обычно проходит посередине водотока, но иногда приближается к одному из берегов;
- *микроэкосистема* I уровня: *биотоп*, которому соответствует *микроценоз*;
- *микроэкосистема* II уровня: *участок биотопа*, которому соответствует *микроруппировка* – часть микроценоза.



Рис. 3.3. Иерархическая классификация элементов речной экосистемы

Продольные зоны водотока (макроэлементы). Согласно зональной классификации Иллиеса и Ботошаняну (Illies, Botosaneanu, 1963), ставшей очень популярной в исследованиях по мониторингу рек, тело водотока можно разделить на три крупных продольных гидрологических зоны (longitudinal zones): *креналь*, *ритраль* и *потамаль* (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Элементы речной экосистемы (цифрами обозначен порядок водотока)

Креналь и ритраль обширны в горных и предгорных областях, что обусловлено выраженным уклоном; воды здесь с относительно низкими летними темпе-

ратурами, хорошо насыщены кислородом; потамаль формируется на равнинных участках водотоков.

Направление, изучающее продольное распределение бентоса (longitudinal distribution), стало важной частью речной экологии, а классификация водотока на зоны – продольное зонирование (longitudinal zonation) – позволяет понять закономерности формирования донных сообществ, выявлять их типы, что является необходимым условием успешной организации пресноводного мониторинга.

Креналь (crenal) – зона истока от места выхода вод из-под земли до области эпитритали, подразделяется на *эукреналь* – область, располагающуюся непосредственно в районе выхода подземных вод (собственно место истока, родниковая чаша), и *гипокреналь* – нижерасположенную часть сочащейся или текущей воды, в которой сохраняются относительно стенобионтные условия. *Кренология* (греч. *krene* – источник, *logos* – слово) – область науки, изучающая источники, в том числе лечебные; *кренобиология* изучает жизнь в источниках, родниках.

Ритраль (rhithral) – зона, расположенная ниже кренали, представляет часть водотока с преобладанием выраженных эрозионных процессов. В ритрале выделяют три подзоны: *эпи-, мета- и гипоритраль*.

Ритробиология изучает жизнь в быстротоках: ручьях, реках, в разделах водотоков, где преобладают эрозионные процессы и такие элементы русла, как перекаты.

Потамаль – нижняя часть водотока, характеризующаяся преобладанием процессов седиментации. Выделяют верхнюю потамаль – *эпипотамаль* и нижнюю – *гипопотамаль*. Классическая потамаль – низовья равнинных рек с преобладанием плёсов, вплоть до полного исчезновения перекатов; скорость течения на участках потамали небольшая, насыщенность кислородом относительно низкая, дно в основном сложено из мягких фракций (ил, песок, детрит с элементами песчаных примесей). У некоторых водотоков, стекающих с крутых горных хребтов непосредственно в море, как, например, водотоки восточных отрогов Сихоте-Алиня, зона потамали может полностью отсутствовать.

Биота, обитающая в указанных зонах и подзонах, именуется в кренали – *кренон*, ритрале – *ритрон*, потамали – *потамон*. В соответствии с изменением гидрологических условий качественно и количественно меняются состав и структура донных сообществ.

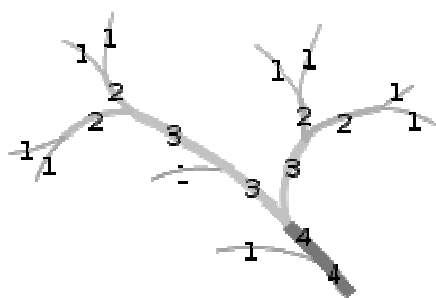


Рис. 3.5. Гидрологическая классификация Хортон-Штралера

При работах на водотоках, в которых продольные зоны по классификации Иллиеса-Ботошеняну ещё не определены, полезно классифицировать элементы речной системы на гидрологические единицы – притоки разного порядка в соответствии с *классификацией Хортон-Штралера* (рис. 3.5). Согласно этой классификации в бассейне реки выделяют главное русло реки (основное течение) – *ствол* и её *притоки*. Речной бассейн также называют *водосбором*, или *водосборный бассейн*.

Согласно гидрологической классификации Хортон-Штралера притокам и отделам основного русла присваивают последовательные номера от истока к устью, причём водотоки без притоков называют *потоками первого порядка*. Когда два потока первого порядка сливаются, они образуют *поток второго порядка*; когда два потока второго порядка сливаются, они образуют *поток третьего порядка* и т.д. По системе Хортон всё основное течение бассейна получало самое большое числовое обозначение в этом бассейне. Система Штралера присваивает самый большой ранг лишь участку основного течения после впадения в него притока с тем же самым высоким рангом. Самый высокий порядковый номер 10, по Штралеру, получило основное течение реки Миссисипи в США. Наиболее распространены потоки без притоков – потоки первого порядка. В США таких небольших потоков насчитывается 1,5 миллиона, а их средний бассейн составляет всего 2,6 км².

Продольные и поперечные участки русла водотока (мезоэлементы). В речном русле на уровне мезоэкосистемы различают продольные: пережат – слив – плёс, поперечные: левая рипаль – медиаль – правая рипаль, повторяющиеся структурные элементы (рис. Ц1).

Исследования бентосного состава на различных участках речного русла показали, что состав донных организмов на них неоднороден: формируются особые сообщества плёсов, пережатов, прибрежий с определёнными трофическими связями, поведенческими отношениями, сходными морфологическими, адаптационными приспособлениями, типом и способом питания, физиологическими особенностями. Так, например, у беспозвоночных, живущих на пережатах, развиваются специфические приспособления, позволяющие им удерживаться на сильном течении: различные прицепки, уплощенное тело, присасывательные механизмы и др. Среди них доминируют фильтраторы и скребущие. Среди беспозвоночных, живущих на плёсах и в рипалях, доминируют сборщики, а также при наличии богатого детритного опада – измельчители, перерабатывающие грубое органическое вещество. Здесь преобладают активные пловцы с округлым вальковатым телом, вагильные и зарывающиеся формы. Особенность неравномерного пространственного распределения беспозвоночных в русле (мезоуровень) следует учитывать при установке станций и выборе места отбора гидро-биологических проб.

Местообитания и биотопы. В лотических и лентических водоёмах по характеру движения водных масс, интенсивности эрозионных или седиментационных процессов и специфики субстрата выделяют следующие типы местообитаний и входящие в них биотопы:

Лотико-эрозионные местообитания: зоны пережатов в быстротоках. Здесь формируются следующие грунты и субстраты:

- скальные,
- валунные,
- каменисто-галечные,
- гравийно-песчаные,
- детритно-листовые пакеты,
- завалы из крупных древесных обломков.

Лотико-седиментационные местообитания: зоны плёсов и затишных прибрежий (рипаль).

Здесь формируются грунты и субстраты:

- песчаные,
- илистые,
- макрофитные заросли,
- детритные отложения.

Лентико-лимнические местообитания: открытые зоны озёр и прудов; зоны поверхностной плёнки воды и водной толщи.

Лентико-литоральные местообитания: побережья стоячих водоёмов. Здесь формируются грунты и субстраты:

- скальные,
- каменисто-галечные,
- гравийно-песчаные,
- заросли укоренившихся макрофитов,
- тростниковые заросли,
- заросли плавающих макрофитов,
- песчаные,
- илистые,
- детритные отложения.

Лентико-профундальные местообитания: мелководные или глубоководные донные участки в открытой зоне водоёма. Здесь формируются грунты и субстраты:

- песчаные,
- илистые,
- глинистые,
- смешанные грунты, обогащённые мёртвым органическим веществом.

Данная классификация не охватывает все типы биотопов и может дополняться новыми элементами.

3.2. Дискретность и континуальность в распределении бентоса

Как уже говорилось выше, виды донных беспозвоночных распределены в теле реки неравномерно. Есть виды, которые обитают только в верховьях, другие – только в нижних отделах водотоков. Есть и широко распространенные по продольному профилю реки виды, но, как правило, их количественные характеристики достигают наибольших значений в пределах более-менее узкого диапазона – в зонах, оптимальных для данного вида. Такая же специфика наблюдается и в распределении организмов в стоячих водоёмах. В основе данного феномена лежит зависимость организмов от определенных факторов среды. Для одних оптимальным является высокое содержание растворенного кислорода, которое обеспечивается турбулентностью вод в зонах ритрали или озёрного побережья, для других важным является освещение водотока, способствующее проникновению солнечного света и, как следствие, развитию водорослевых сообществ – важного пищевого ресурса, и т.д.

В результате длительных исследований по изучению пространственного распределения биоты в водотоках в XX веке появились две концепции, которые, по сути, отражают основные природные законы – *дискретность* и *континуальность* (*непрерывность*).

О дискретности распределения биоты в водотоках говорили многие исследователи. На основании изменений донных сообществ по продольному профилю реки И. Иллиес и Л. Ботошняну описали основные продольные зоны водотока, располагающиеся от верховьев к устью: *креналь–ритраль–потамаль* и с соответствующими комплексами донных сообществ – *креноном, ритроном и потамоном*. Зональность распределения биоты подтверждается изменением структуры донных сообществ по продольному профилю реки, выделяемых на основе доминирующих таксонов или трофических группировок. Не следует только считать, что дискретность в распределении биоты – это подтверждение существования каких-то чётких границ. В природе вообще не очень много примеров чёткого разделения сообществ при наличии резко выраженных границ. Характерный пример – радуга. Мы легко выделяем в ней разные цветовые зоны, но провести чёткие границы между ними невозможно.

Противоположную концепцию, основывающуюся на непрерывности распределения биоты в водотоках, сформулировали в 1981 году американские ученые Ваннот, Миншел, Камминс, Седелл и Кашинг. Они объяснили принцип формирования сообществ в связи с градиентным распределением пищевых ресурсов и типом их утилизации, а также факторами среды. Ваннот с соавторами совершили переворот в понимании основных принципов жизни реки (рис. Ц2). Их концепция получила название *теории речного континуума (River Continuum Concept)* и заслужила широкое признание в мире. Глубокий анализ зависимостей в распределении речного бентоса максимально полно объяснил экономичное и эффективное устройство жизни в водотоках, дав основу для повышения прогностичности научных исследований в области ритробиологии и укрепив научную основу в планировании мониторинговых работ на реках.

Таким образом, дискретность и континуальность как основные формы существования материи наблюдаются и в организации речных экосистем. Это следует учитывать при планировании исследований пресноводного мониторинга и выборе соответствующих методов и подходов.

Основные концепции речных экосистем, так или иначе объясняющие закономерности их структурирования и функционирования, схематически проиллюстрированы на рис. Ц3.

Практикующие экологи должны учитывать следующее:

1. Фоновые и тестируемые станции отбора проб следует располагать в одинаковых зональных единицах, на одинаковых участках русла и биотопах.
2. Определенный комплекс условий в водотоке обуславливает формирование определенного типа сообществ, таким образом, тип сообщества может быть предсказан по комплексу условий среды и, наоборот, условия среды – по структуре сообществ.
3. Трофическая структура донных сообществ тесно связана не только с формой пищевого ресурса, но и с условиями транзита пищевого ресурса на определенных этажах (зонах) водотока.
4. При антропогенном воздействии в водотоках формируются сообщества, не соответствующие комплексу природных условий, изначально присущих данной экосистеме. Возможно предсказать тип нового (изменённого под влиянием антропогенного прессинга) сообщества на основании типа антропогенного воздействия или типа загрязняющего вещества.

3.3. Органическое вещество в водотоках и способы его утилизации гидробионтами. Функционально-трофические группировки

Известно, что трофический поток в экосистемах берёт начало от организмов – *продуцентов*, синтезирующих органическое вещество из неорганических субстанций, главным образом, воды и двуокиси углерода, используя солнечную энергию (зелёные растения, цианобактерии и некоторые другие бактерии) или энергию окисления неорганических веществ (серобактерии, железобактерии и др.). Обычно под продуцентами понимают зелёные хлорофиллоносные растения (автотрофы), дающие первичную продукцию. Продуценты составляют первое звено в пищевой цепи и лежат в основе экологических пирамид. Далее первичное органическое вещество усваивается *консументами 1-го порядка* (травоядные животные); в своих организмах они преобразуют органику в специфические формы белков и других веществ, а в окружающую среду выделяют образующиеся в процессе их жизнедеятельности отходы. Затем следуют *консументы 2-го порядка*: хищники, питающиеся животными. Выделяют также *редуценты* – организмы, разрушающие мёртвое органическое вещество и превращающие его в неорганические вещества, которые, в свою очередь, усваиваются продуцентами. Основными редуцентами являются бактерии, грибы, простейшие (гетеротрофные микроорганизмы). Если снижается их активность (например, при использовании человеком пестицидов), ухудшаются условия для продукционного процесса растений и консументов. Мёртвые органические остатки, будь то части растительности или труп какого-либо животного, не исчезают, но подвергаются гниению. Однако мёртвая органика не может перегнить сама по себе. В качестве «могильщиков» выступают редуценты (деструкторы, разрушители). Они окисляют мёртвые органические остатки до CO_2 , H_2O и простых солей, т.е. до неорганических составляющих, которые снова могут быть вовлечены в круговорот веществ, тем самым замыкая его.

Органическое вещество в водотоках имеет разные источники происхождения. Различают органическое вещество *аллохтонного* (вне водоёма) и *автохтонного* (внутри водоёма) происхождения.

Аллохтонное органическое вещество поступает в водоток как напрямую с прибрежных территорий, так и в результате занесения ветровыми потоками. Это может быть вещество растительного (листовой опад, ветки, плоды) и животного (экскременты животных или их мёртвые тела) происхождения. Различают *крупнодисперсное органическое вещество* (CPOM = coarse particulate organic matter), *мелкодисперсное* (FPOM = fine particulate organic matter) и *растворённое органическое вещество* (DOM = dissolved organic matter). CPOM подвергается определённому процессу деградации внутри водной системы. Например, разложение листовых пластин (широколиственный опад) происходит как в результате химических процессов, участвующих в разложении (выщелачивание), так и благодаря работе грибов, бактерий, а также беспозвоночных фито- и детритофагов. На самых первых этапах в активной деструктуризации листового опада и других крупных растительных частей участвуют микробы и беспозвоночные-измельчители. Затем бактерии и грибы колонизируют лист, смягчая его, поскольку мицелий гриба, внедряясь, «разрыхляет» листовую пластину. Отмечено, что состав микробного сообщества проявляет специфичность при колонизации

различных видов деревьев. Комбинированное действие бактерий, грибов, животных и химических процессов ускоряет процессы растительного разложения, и измельчённое вещество в виде CPOM и FPOM поступает в толщу потока как новое по форме органическое вещество. Обогащение бактериями и грибами частиц грубого и тонкого органического вещества усиливает их пищевую (энергетическую) ценность – бактерии как бы являются «слоем масла на кусочке хлеба».

Этапы трансформации аллохтонного вещества в результате описанных процессов можно представить следующей схемой (рис. 3.6).

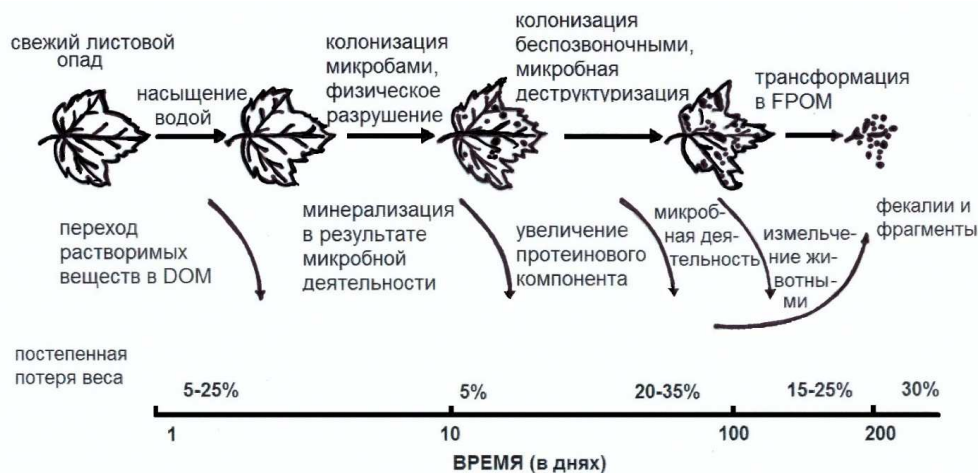


Рис. 3.6. Процесс фрагментации листового опада в водотоке

Органическое вещество может также попадать в экосистему с поступающими смывами с берегов в результате эрозионных процессов и с грунтовыми водами. Растворенную органику (DOM) приносят дожди или вода притоков. Особенно значительны поступления аллохтонной органики в виде листового опада в водотоках широколиственных лесов умеренных широт.

Автохтонное органическое вещество образуется в теле водоёма или водотока растительными водными сообществами: фитопланктоном, бентосными водорослями (фитобентос), водными мхами и макрофитами. Здесь же, внутри водоёма, вещество перерабатывается животными-измельчителями до грубых (CPOM) или более тонких органических частиц (FPOM). Прикрепленные водоросли утилизируются скребущими животными, и после переработки их остатки также включаются в трансформационный цикл в виде FPOM или DOM. Большую роль в разложении автохтонного органического вещества также играют бактерии, способные переводить его даже в неорганические соединения.

Изучение пищевой стратегии водных беспозвоночных, направленной на поглощение определённых видов пищевого ресурса, позволяет разделять беспозвоночных на *функционально-трофические группировки* (functional feeding groups) и классифицировать их по способу добывания пищи. Понятие функционально-трофических группировок органично вписалось в Концепцию речного континуума [29] и стало одним из основных для понимания экологических процессов в водотоках.

Выделяют следующие функционально-трофические группировки:

- *измельчители* (shredders, shr) – потребители крупнодисперсной органики, питаются крупными частями живой или отмершей ткани сосудистых растений (СРОМ) (растительной и детритной);

- *коллекторы-фильтраторы* (collectors – filterers, c-f) – потребители мелкого органического материала (ФРОМ), фильтруемого из потока водотока (детритной);

- *коллекторы-сборщики* (collectors – gatherers, c-g) – употребляют частицы мелкого органического материала, собираемого со дна водотока (ФРОМ) (*детритной*, *грунтовой*);

- *скребущие* (scrapers, scr) – питаются перифитомом водорослей и связанным с ним материалом (минеральными и органическими частицами на поверхности твёрдых субстратов) (*растительной*);

- *прокалыватели макрофитов* (macrophyte piercers, prc) – питаются тканью сосудистых растений-макрофитов и внутренней растительной жидкостью (*растительной*);

- *хищники* (predators, prd) – плотоядные животные, питающиеся тканью животных (поедающие цельных животных или их части; высасывающие внутренние ткани животных путем прокалывания внешних покровов);

- *паразиты* (parasites, par) – питаются тканью животных (паразиты яиц, паразиты личинок, паразиты куколок).

Зная принадлежность представителей макрозообентоса к функционально-трофическим группировкам и понимая законы распределения сообществ в зависимости от источников пищевого ресурса и градиента факторов по продольному профилю реки, можно предсказать, какая функционально-трофическая группа будет доминировать в сообществах. Если окажется, что тип сообщества и его трофическая структура не соответствуют предполагаемому, то возможной причиной этого может оказаться антропогенный прессинг.

3.4. Донные сообщества и их структура

Биогеоценоз определяют как исторически сложившуюся систему, включающую сообщество живых организмов и тесно связанную с ним совокупность абиотических факторов среды в пределах одной территории, связанные между собой круговоротом веществ и потоком энергии (природная экосистема). *Сообщество* – «живая часть» биогеоценоза без абиотической среды: совокупность видов (популяций) животных и растений, длительное время существующих в определённом пространстве и образующих экологическое единство. Выделяют полное сообщество – *биоценоз* или сообщества определенных групп организмов, например, донные, или бентосные сообщества. Сообществу свойственны *устойчивость* (способность противостоять внешним воздействиям) и *продуктивность* (способность производить живое вещество). Показателями состояния сообщества являются характеристики его состава (видовое разнообразие, структура пищевой цепи и т.д.) и соотношение отдельных групп организмов различных по чувствительности к условиям существования, типу питания, отношению к другим факторам.

Известны различные практики выделения донных биоценозов и сообществ, как правило, они связаны с закономерностями горизонтального распределения

и выделяются либо по видовой структуре (на основе доминирующих видов), либо на основе привязки к определённым субстратам и биотопам.

В отечественной гидробиологии практика выделения сообществ по видам-доминантам существует давно [6]. Было обнаружено, что в конкретном месте даже при больших выборках в пробах доминирует один или немногие (2–3) видов. Оказалось, что это явление напрямую связано с типом субстрата и, как следствие, с определённым видом пищевого ресурса, способом его трансформации на данном участке дна и характером потребления его доминирующей группой.

В пресноводных экосистемах для участков с преобладанием *эрозионных процессов* характерны *литофильные* и *псаммофильные* сообщества; в верховьях, в моховых зарослях, покрывающих валуны, обычны *бриофильные* сообщества. Участкам водотоков с преобладающими седиментационными процессами свойственны *псаммофильные* и *пелофильные* сообщества; на участках с развитой водной растительностью формируются *макрофитные (фитофильные) сообщества* и т.д. *Детритофильные* сообщества, населяющие затишные участки со скоплениями макро- и мелкодисперсного детрита, могут встречаться по всему руслу водотока.

3.4.1. Видовая структура

Видовая структура сообщества определяется его таксономическим составом и соотношением количественных показателей (плотности, биомассы) всех входящих в него видов (таксонов). *Плотность* представляется как *численность организмов в пробе в пересчёте на единицу площади*; биомасса соотносится с *весом организмов в пробе в пересчёте на единицу площади*. При ранжировании входящих таксонов по численности и биомассе выявляются доминирующие виды, которые могут характеризовать экологическое состояние сообщества. Если среди доминантов преобладают чувствительные (чувствительные) виды, качество воды на тестируемом участке хорошее, если наоборот, то это свидетельство экологического неблагополучия.

Полезно сравнивать фоновые и тестируемые сообщества по *сходству видового* (таксономического) *состава*. Поскольку станции отбора проб (по условию протоколов) должны располагаться в одной и той же зоне, на одинаковых участках русла и биотопах, то их видовая структура *a priori* должна быть сходной как по общему составу, так и по доминирующим таксонам. Резкие отличия, выявляемые в структуре тестируемой станции по сравнению с фоновой, являются симптомом изменения сообщества под влиянием антропогенного прессинга.

Сравнение сообществ по видовому составу обычно производят с использованием *коэффициента Чекановского-Съёренсена* (1948), *коэффициента биотического сходства* Вайнштейна (1971), хотя в гидробиологической практике широко используют и другие индексы сходства.

Для определения видовой структуры сообществ в практике дальневосточной гидробиологической школы приняты следующие системы видовой структурной иерархии:

а) *по показателям численности*: классификация А.М. Чельцова-Бебутова в модификации В.Я. Леванидова (1977), где доминантами считаются виды, составляющие 15% и более от общей численности, субдоминантами – 5–14,9%, второстепенными видами – менее 1–4,9%, третьестепенными – менее 0,1%;

б) по показателям биомассы: классификация Ульфстранда (Ulfstrand, 1968), где доминантом считается вид, составляющий более 25% общей биомассы в течение года; субдоминанты – виды, составляющие 10–25%, и виды, случайно достигающие на короткий период величины более 25% биомассы бентоса; случайные виды – малочисленные, но встречающиеся более или менее регулярно; второстепенные виды – встречающиеся единично.

Хорошей характеристикой сообществ являются различные метрики биоразнообразия и биотические индексы, о которых будет сказано ниже. Их следует использовать при сравнении фоновых и тестируемых участков и на основе сравнительного анализа делать выводы о наличии загрязнений и их объёмах.

3.4.2. Пространственная структура

Пространственная структура проявляется в закономерном размещении видов относительно друг друга в пространстве. Стратификация объектов в вертикальном аспекте называется *вертикальной*, а в горизонтальном – *горизонтальной структурой*.

Вертикальная структура (ярусность) особенно ярко проявляется в растительных сообществах; *ярус* – совместно произрастающие группы видов, различающиеся по высоте и положению в биоценозе. Простая вертикальная классификация в водоёмах выделяет следующие слои:

- *донный* с населением – *бентос*; выделяются группы организмов, населяющих приповерхностный слой – *эпифауна*, живущие в толще грунта – *инфауна*;

- *слой водного потока*, или *водная толща водоёма*, с живущими в нём организмами *нектона* и *планктона*;

- *поверхностный слой воды* с населением *плейстон* и *нейстон*, а также развивающимися, не укоренёнными *плавающими макрофитами*.

Горизонтальная структура – горизонтальное распределение особей, образующих различного рода узорчатость, пятнистость каждого вида, а также сообществ. Выделение горизонтальных (хорологических) единиц связано с системой структурных иерархических экосистемных выделов. При проведении пресноводного мониторинга в основном работают с экосистемами макро-, мезо-, и микроуровня I. Другими словами, выделяют: а) продольные зоны (и подзоны) русла (или порядок речного ствола и притоков) (макроуровень), б) продольные участки русла (плёс, перекат, слив) и поперечные (рипаль, медиаль) (мезоуровень); в) биотопы (микроуровень I), которые связаны с типом преобладающего субстрата: например, заросли тростников и водных растений, каменистые, иловые, песчаные и другие субстраты, скопления детрита и древесные завалы в русле реки и т.д.

К элементарным (структурным) единицам горизонтального хорического строения донных сообществ относятся *микроценоз* (соответствующий в вышеприведённой формулировке микроэкосистеме I уровня, т.е. биотопу). *Микрогруппировка* (микроэкосистема II уровня) является субъединицей микроценоза.

Наличие мозаичности имеет важное значение для жизни сообществ, это позволяет более полно использовать различные типы микроместообитаний, формировать *стабильные* (коренные) или *осциллирующие* (циклические, легко возвращающиеся в прежнее состояние) *биоценозы*.

Особям, образующим группировки, свойственна высокая выживаемость, они наиболее эффективно используют пищевые ресурсы. Это ведет к увеличе-

нию и разнообразию видов в биоценозе, способствует его устойчивости и жизнеспособности.

3.4.3. Трофическая структура

Распределение потока энергии в экосистеме достаточно надёжно характеризуется соотношением общей численности (и/или биомассы) всех организмов макрозообентоса с различными *стратегиями питания* (фильтраторы, сборщики, детритофаги, хищники и др.). Так, преобладание фильтраторов показывает, что экосистема хорошо справляется с самоочищением; преобладание сборщиков-детритофагов может свидетельствовать о прогрессирующем органическом загрязнении. Показателем состояния сообществ может служить соотношение биомассы всех потребителей автохтонного и всех потребителей аллохтонного органического вещества.

Более обобщенно состояние экосистемы может быть охарактеризовано показателями «напряженности трофических связей в сообществе», т.е. соотношением показателей обилия или продуктивности хищного и нехищного макрозообентоса. Установлено, что при многих негативных внешних воздействиях на гидроекосистему роль хищников в бентосе закономерно уменьшается. Исчезновение хищников может быть связано с закономерным уменьшением концентрации растворённого кислорода (что, как правило, происходит при увеличении загрязнений) и, как следствие, ингибированием активности (и численности) хищников, которым для нормальной жизнедеятельности требуется больше энергии, чем неактивным представителям бентосных сообществ.

Взаимодействие организмов, занимающих определённое место в биологическом круговороте, называется *трофической структурой биоценоза*. Трофическая структура сообществ рассчитывается из доли участия каждой функционально-трофической группировки в конкретном сообществе (в %). Трофическую структуру можно предсказать по преобладающему источнику питания: в лесных зонах с широколиственной растительностью и большим количеством опада в сообществах будут доминировать *измельчители*, в зонах ритрали с хорошей освещённостью и каменистыми грунтами среди доминантов окажутся *скребущие*, на участках русла с большим расходом воды и высокой скоростью течения будут преобладать *фильтраторы*, а в зонах седиментации, характеризующихся спокойным течением, слабой прозрачностью (затрудняющей проникновение света), будут доминировать *сборщики*.

Структура сообществ (видовая и трофическая) – хороший показатель для определения здоровья речных экосистем, поэтому при мониторинговых работах следует использовать не только биотические метрики и индексы, но и данные по видовой и трофической структуре исследуемых сообществ.

3.5. Стабильность биогеоценозов

Одним из основных свойств биогеоценозов является способность к саморегуляции, то есть к поддержанию своего состава и структуры на определенном стабильном уровне. Это достигается благодаря многим факторам

и устойчивому круговороту вещества и энергии. Основные факторы, влияющие на формирование сообществ схематично представлены на рис. Ц.4.

Устойчивость же самого круговорота обеспечивается несколькими механизмами:

- достаточностью жизненного пространства, то есть таким объемом пространства или пространственной площади, которые обеспечивают каждый организм всеми необходимыми ему ресурсами;
- богатством видового состава: чем богаче состав, тем устойчивее цепи питания и, следовательно, круговорот веществ;
- многообразием взаимодействия видов, поддерживающих прочность сообщества;
- средообразующими свойствами видов, то есть участием видов в синтезе или окислении веществ;
- направлением антропогенного воздействия.

Эти механизмы обеспечивают существование неменяющихся биогеоценозов, которые называются *стабильными*, или *коренными*.

Стабильный биогеоценоз, существующий длительное время, называется *климаксовым*.

Стабильных биогеоценозов в природе мало, чаще встречаются устойчивые – меняющиеся биогеоценозы, то есть такие, которые способны, благодаря саморегуляции, приходить в первоначальное, исходное состояние.

Биоценозы, изменение которых проходит предсказуемо и регулярно под воздействием циклических факторов, можно называть *осциллирующими биоценозами*. Их следует отличать от устойчивых биоценозов, изменение которых связано либо с неожиданными (нециклическими) природными явлениями, либо с антропогенными факторами, действующими спорадически и непредсказуемо.

В условиях загрязнений биоценозы могут претерпевать различные изменения, сохраняя способность к восстановлению или утрачивая её при тяжёлом хроническом импакте. Особенно хрупкими при этом являются многовидовые, имеющие долгую геологическую историю существования, «древние» биоценозы. В таких биоценозах исчезновение чувствительных, редких и эндемичных элементов приводит к необратимым последствиям и нарушению множественных связей.

Серьёзно нарушенные биоценозы при проведении даже самых тщательных восстановительных работ никогда не удастся вернуть в прежнее «девственное» состояние.

3.6. Источники антропогенного загрязнения

Источники загрязнения воды можно разделить на три основные категории, каждая из которых даже при наличии современных очистных сооружений значительно загрязняет не только поверхностные, но и подземные воды, используемые в народном хозяйстве (колодцы, артезианские скважины и т.п.): а) населённые пункты, б) промышленность, в) сельское хозяйство.



Рис. Ц1. Мезоэлементы речного русла: поперечные – рипаль и медиаль, продольные – плёс (P) и перекат (R): верхний (Rup), средний (Rmd) и нижний (слив) (Rdn) плёс

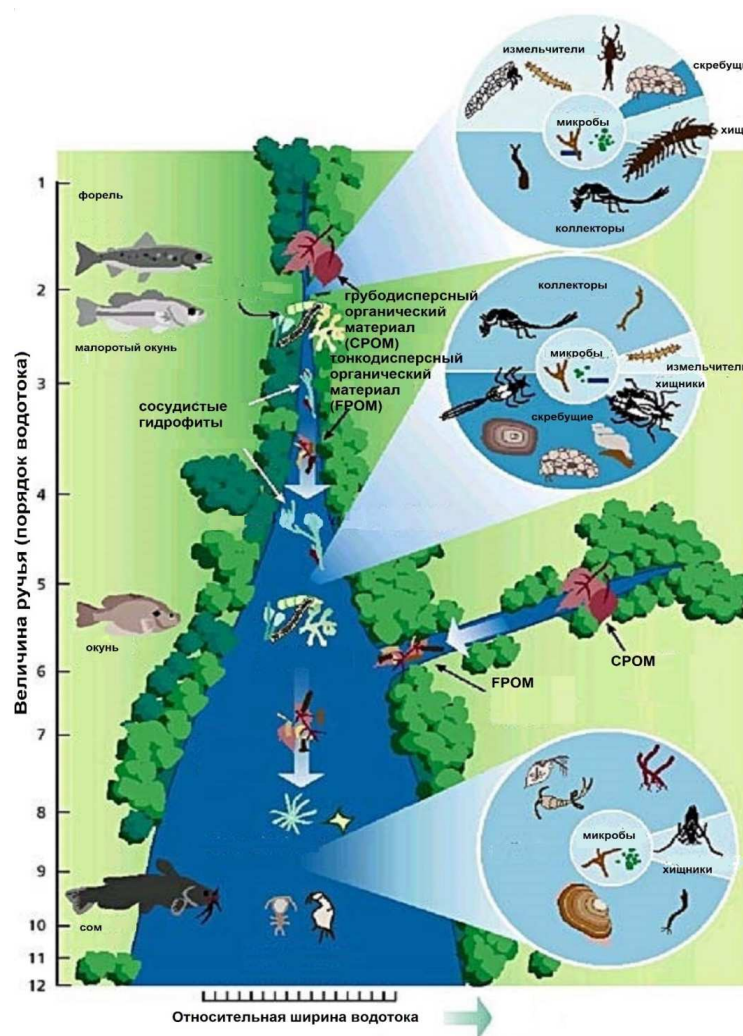


Рис. Ц2. Иллюстрация концепции речного континуума (по Vannote et al., 1980)

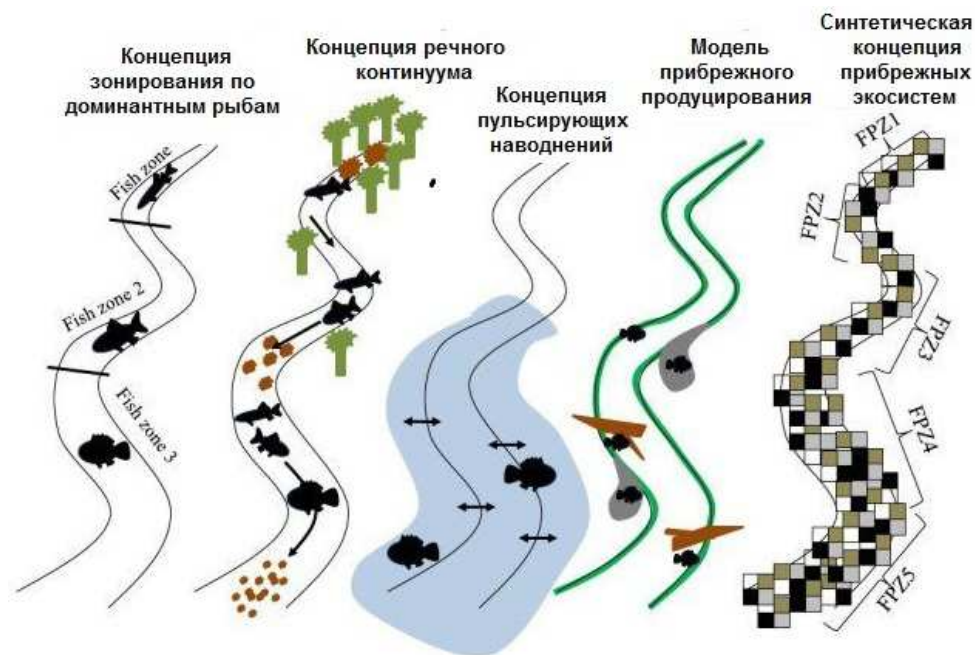


Рис. Ц3. Концепции речных экосистем (www.scoop.it)

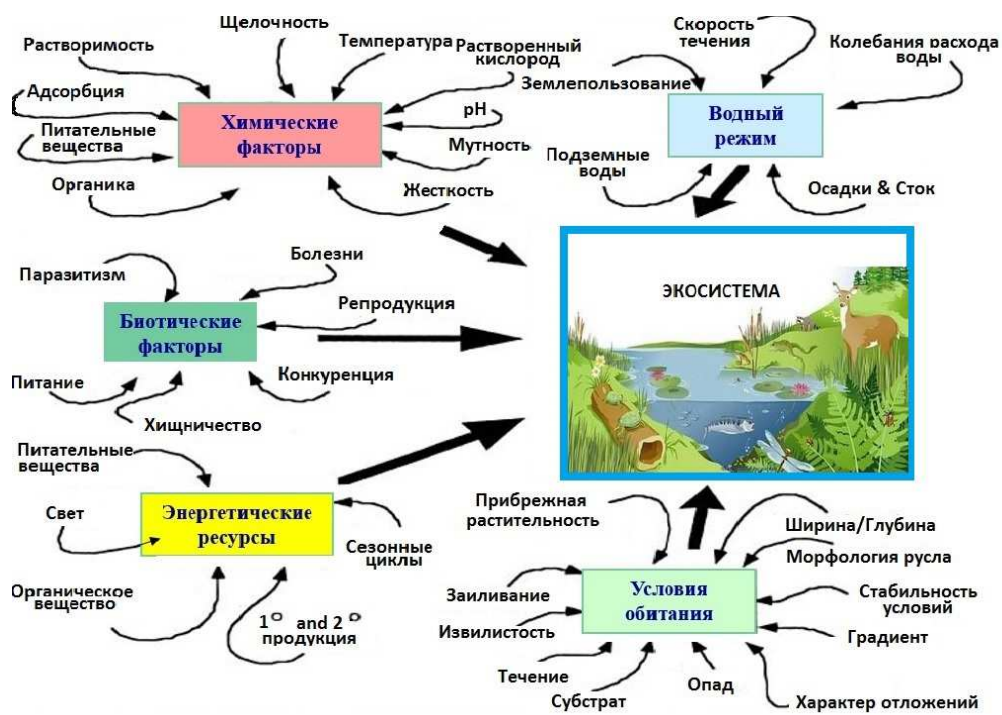


Рис. Ц4. Основные факторы среды, обуславливающие целостность речных сообществ

Населенные пункты. Основные отходы населенных пунктов – это бытовые, где канализационные стоки составляют большую часть. В крупных городах суточный расход воды на одного его жителя составляет около 700 литров (питьевая вода и вода для приготовления пищи; вода, используемая в целях личной гигиены и обеспечения комфорта; вода для полива растений, тушения пожаров, мытья улиц, отопления, обеспечения сантехнических работ и функционирования бытовых устройств и т.д.). Большая часть этой воды после использования поступает на коммунальные очистные сооружения, где после очистки сбрасывается в естественные водоёмы либо идёт на повторное использование. При этом каким бы современным и высокотехнологичным ни было бы очистное оборудование, возможность возникновения в уже очищенных стоках болезнетворных бактерий не исключается, поэтому в городах периодически возникают вспышки различных кишечных заболеваний. К сожалению, это не единственная проблема с водой в населённых пунктах. В канализацию вместе с бытовыми стоками поступают моющие и чистящие вещества, отбеливатели, дезинфицирующие вещества и другая бытовая химия, а также различный мусор. Большую часть загрязнений приносят стоки, поступающие в канализацию с городских улиц, и ливневые стоки.

Сельское хозяйство. Кроме промышленности и коммунального хозяйства другим крупнейшим потребителем воды является сельское хозяйство, где значительная доля водных ресурсов идет на орошение полей и нужды животноводческих и птицеферм. В целом в мире именно сельское хозяйство – самый крупный потребитель воды. Сточные сельскохозяйственные воды содержат огромное количество химических веществ, порой очень опасных для людей и животных. К загрязняющим «сельскохозяйственную» воду веществам относятся: калий и фосфор; неорганические и органические удобрения, в состав которых входит азот; пестициды и гербициды, применяемые для борьбы с сорняками; фунгициды, инсектициды и другая химические вещества, способные вызвать тяжёлые отравления и даже смерть человека. Сельскохозяйственные стоки с мясомолочных ферм и птицефабрик содержат различные органические отходы и фекалии.

Отдельным фактором, влияющим на физические и химические свойства воды, стоит назвать тепловое загрязнение, которому учёные во всем мире уделяют в последнее время пристальное внимание. Значительная часть водных ресурсов идет на предприятия теплоэнергетики, где вода используется для охлаждения оборудования и производства пара. Её температура в среднем поднимается на семь градусов Цельсия. Такая подогретая вода часто сбрасывается в реки и озера, что вызывает серьёзные изменения в экологической среде. Одна из самых распространённых проблем, связанных с тепловым загрязнением воды, – массовый мор рыбы, погибающей из-за дефицита кислорода в воде, спровоцированного отоплением.

Другой фактор, существенно влияющий на снижение кислорода в воде, – появление в воде некоторых химических веществ, аэробных бактерий, а также микроорганизмов, перерабатывающих азот, содержащийся в отходах, и выделяющих аммиак. К таким веществам относятся соли, встречающиеся в шахтных водах, сброс которых после откачки из недр идет непосредственно в водоёмы без очистки. В результате концентрация кислорода в водоёмах снижается, что часто приводит, как и при тепловом загрязнении, к массовой гибели рыб.

Промышленность. В странах с развитым промышленным производством основными потребителями и загрязнителями воды являются предприятия различных отраслей экономики. Количество промышленных сточных вод почти в три раза превышает коммунально-бытовые стоки. На производстве вода используется повсеместно и может выступать в роли сырья, охладителя, обогревателя или же выполнять роль транспортных артерий, быть частью сортировочных и промывочных установок. Кроме того, часть отходов большинства предприятий также выводится с помощью воды. Для этих целей она используется практически везде: в нефтеперерабатывающей промышленности, машиностроении, химических и пищевых предприятиях и т.д. Поскольку очищать и утилизировать промышленные стоки дорого, многие предприятия предпочитают загрязненные стоки просто сбрасывать, часто незаконно, в различные природные водоёмы или в коммунальные канализационные коллекторы, что приводит к катастрофическому загрязнению водотоков, используемых для транспортировки загрязнённых вод и конечного водоёма-приемника (озеро, море). Очевидно, что нужно проводить тщательную промышленную водоочистку и приветствовать использование технических вод по замкнутому циклу. В таблице 3.1 приведены некоторые виды промышленности и связанные с их деятельностью виды отходов.

Таблица 3.1

Загрязнение вод некоторыми отраслями промышленности

Отрасли промышленности	Виды и характеристики загрязняющих веществ
Текстильная	Взвешенные растворенные органические вещества, красители, сильные основания
Резиновая	Взвешенные твёрдые частицы, хлориды, ароматические соединения серы, органические вещества
Целлюлозно-бумажная	Ртуть, целлюлоза, бумажные и древесные волокна, отбеливатели, кислоты, клей, красители, древесные сахара, лигносульфонаты
Нефтеперерабатывающая	Соединения серы, нефть и нефтепродукты, рассолы, фенол, органические вещества
Фармацевтическая	Неорганические и взвешенные органические вещества, витамины, растворители
Покровных материалов	Масла, хромовая, серная и плавиковая кислоты, цианиды серебра, кадмия и цинка, сульфат никеля
Кожевенная	Красители, кислоты, дубильные основания, мыльные растворы, биологические отходы, растворенные органические вещества
Черная металлургия	Масла, известь, фенол, серная и соляная кислоты, железосодержащие соли
Угольная	Взвешенные минеральные частицы, различные кислоты, частички угля и горных пород
Пищевая	Жиры, белки, соли, биологические отходы, крахмал, сахар, органические соединения, взвешенные частицы
Химическая	Мышьяк, бром, хлор, бораты, силикаты, фосфаты, кислоты, щелочи, масла, органические и неорганические растворенные вещества

Контрольные вопросы

1. Назовите уровни организации живой материи.
2. Что понимается под термином «экорегion»?
3. Дайте характеристику пресноводным экорегионам.
4. Приведите характеристику основных типов пресноводных местообитаний по классификации Всемирного фонда дикой природы.
5. Какие пресноводные экорегионы выделяют на Дальнем Востоке России (привязанные к определённым крупным водным бассейнам или биогеографическим выделам)?
6. Что относят к элементам речного бассейна и речного русла?
7. Дайте характеристику трем крупным продольным гидрологическим зонам (longitudinal zones):
 - креналь;
 - ритраль;
 - потамаль.
8. Охарактеризуйте (кратко) продольные и поперечные участки русла водотока. Каков состав речной фауны на этих участках?
9. Какие типы местообитаний выделяют в лотических и лентических водоёмах?
10. В чем заключается концепция речного континуума и продольная зональность водотоков?
11. Опишите трофическую структуру водной экосистемы.
12. Какую роль играет органическое вещество в водных экосистемах?
13. Что означают термины «аллохтонное органическое вещество» и «автохтонное органическое вещество»?
14. Дайте характеристику функционально-трофическим группировкам водной экосистемы:
 - измельчители;
 - коллекторы-фильтраторы;
 - коллекторы-сборщики;
 - скребущие;
 - прокалыватели макрофитов;
 - хищники;
 - паразиты.
15. Опишите структуру донных сообществ:
 - видовую;
 - пространственную;
 - трофическую.

Глава 4. МЕТОДЫ ОТБОРА ПРОБ

Исследование экологического состояния пресноводных экосистем связано с анализом различных факторов среды, главными из которых являются химико-микробиологические показатели и биологические. Разработаны подходы, основанные на оценке физических и гидрологических характеристик, которые, как правило, являются дополнительными и в комплексном мониторинге имеют второстепенное значение (в виде сопутствующих описаний условий среды).

Чтобы полученные данные оказались надёжными, репрезентативными и могли быть сравнимы с данными других исследователей, очень серьёзное внимание должно уделяться правильному отбору проб. С этой целью необходимо соблюдать стандартные процедуры отбора проб, которые, как правило, должны быть описаны в унифицированных протоколах, принятых в рамках установленной государственной или региональной системы экологического мониторинга. И если стандартные процедуры отбора проб на химический и микробиологический анализ легко найти в соответствующей отечественной литературе (в том числе, в документах ГОСТ), то описаний унифицированной процедуры отбора проб макрозообентоса, которая могла бы рекомендоваться для организованного пресноводного биоассессмента, в российских документах не существует.

На Дальнем Востоке РФ в настоящее время разрабатываются протоколы региональной системы пресноводного биоассессмента на основе американской системы, принятой Агентством по охране окружающей среды (US EPA) с учётом регионального опыта и региональной биоты.

По сути *протоколы отбора проб* для проведения пресноводного мониторинга должны отвечать на три основных вопроса: *что* отбирать, *чем* отбирать и *как* отбирать. В протоколах должна быть тщательно и пошагово описана процедура отбора проб, фиксации, хранения и транспортировки, чтобы обеспечить репрезентативность и сохранность материала.

4.1. Отбор проб на химический анализ

Условия обитания гидробионтов, как и качество пресных вод, традиционно оценивают при помощи гидрохимических показателей. Процедура отбора пробы – очень важный и ответственный этап любого гидрохимического исследования. Большое значение имеют правильно выбранный пункт, горизонт, время наблюдений, организация и техника отбора проб, условия хранения и транспортировки.

Отбор проб должен учитывать специфику водоема (морфология, гидрология, характер водосбора и т.д.), тип определяемых веществ (растворенное, взвешенное, коллоидное, пленочное, «мёртвое», «живое»).

Отбор и анализ проб воды осуществляются в соответствии с нормативной документацией:

- ГОСТ 17.1.5.04-81 «Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия»;
- ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб»;
- ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества водоемов и водотоков»;
- ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков»;

– Международный стандарт ИСО 5667/2 «Качество воды. Отбор проб. Руководство по хранению и обработке проб».

Правила отбора химических проб

1. При отборе проб заполняется журнал полевых исследований, где указываются метеорологические условия при выполнении работ, атмосферные явления, глубина отбора проб, присваивается номер пробы, фиксируются соответствующий номер пробоотборной тары, дата и время отбора проб.

2. Частота отбора проб и программа наблюдений (набор определяемых параметров) обуславливаются важностью водного объекта. На реках, имеющих рыбохозяйственное значение, гидрохимические съёмки обязательно должны быть приурочены к периоду и местам нереста, массового нагула ската молоди. Необходимо учитывать, что качество воды в различных водных объектах редко бывает постоянным по времени, оно регулярно изменяется. Непостоянство качества воды обусловлено количественными изменениями концентрации веществ, поступающих в водный объект. Такие изменения могут быть вызваны естественными причинами либо являться результатом деятельности человека; могут носить циклический или случайный характер. Для установления частоты отбора проб необходимы предварительные исследования, включающие на первом этапе сбор информации обо всех влияющих на качество воды факторах, а также о требованиях, предъявляемых к качеству воды в данном месте. Полная схема вариантов предварительных исследований, позволяющих установить частоту отбора проб представлена в Р 52.24.353-2012 «Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод».

3. Обязательным условием является соблюдение важного правила: отбор проб проводят в межливневый период или в период не ранее 5 дней, прошедших после выпадения осадков.

4. Сосуды для хранения проб, предназначенные для определения органических веществ, выбираются стеклянные, чтобы исключить абсорбцию веществ на поверхности пластиковых емкостей. А пробы воды, предназначенные для определения кремния, следует отбирать только в полиэтиленовые бутылки. При отборе проб с определенной глубины используют пробоотборники различных конструкций.

5. Определение качества воды по гидрохимическим данным происходит в соответствии со стандартами, одним из которых является ПДК – предельно допустимая концентрация вещества. При таком количественном содержании вещества не оказывает негативного влияния на водные организмы.

Требования к качеству воды для рыбохозяйственных объектов устанавливаются более строгие, чем к водоёмам культурно-бытового назначения. Список веществ, на которые были установлены ПДК еще в 1977 г., включал более 500 наименований. Естественно, что невозможно настолько досконально изучить химический состав водоема. Поэтому при проведении экологического мониторинга выбирают основные показатели и те, которые ожидается встретить в качестве загрязнителей.

Процедура отбора проб воды на химический анализ

При отборе проб посуду несколько раз ополаскивают исследуемой водой.

Отбор проб в водотоках. В тех случаях, когда целью исследования не является мертвый или придонный слой, пробу отбирают на глубине 20–30 см от

поверхности грунта, на некотором расстоянии от берега, в месте, где максимальная глубина не превышает 50 см. Отбор на малых водотоках проводят в середине русла, в наиболее водном месте.

Отбор проб в озёрах и водохранилищах. Пробу отбирают как минимум в двух горизонтах: у поверхности (0,2–0,5 м) и у дна (0,5 м).

При отборе проб посуду несколько раз ополаскивают исследуемой водой.

Под действием физических, химических и биологических процессов происходят значительные изменения состава воды, в отобранной пробе воды интенсивность этих процессов возрастает. В результате имеет место исчезновение одних и образование других веществ. Например, изменяется содержание растворенного кислорода, диоксида углерода, некоторые показатели восстанавливаются, другие окисляются, адсорбируются на стенках бутылки или выщелачиваются из них и т.д. Показатели состава и свойств воды, изменяющиеся за небольшой промежуток времени (например, температура, pH, Eh, растворенный кислород), необходимо определять на месте отбора, непосредственно после отбора пробы. Следует принять меры, обеспечивающие торможение биохимических, химических и физических процессов. Одной из таких мер, которая не всегда достаточна, является правильное заполнение сосудов. Сосуды следует заполнять так, чтобы не оставалось пузырьков воздуха. Этот способ предохраняет пробы от взбалтывания во время транспортирования и предотвращает процессы осаждения карбонатов, окисления железа, изменения цветности и т.д. (рекомендации Р 52.24.353-2012).

К эффективным и широко применяемым способам хранения проб относят их охлаждение и замораживание. До начала анализа рекомендуется сохранять пробы в холодильнике при температуре 2–5°C. Хранить пробы следует в темноте. Этот способ можно использовать лишь в течение короткого промежутка времени до начала исследований при транспортировании проб в лабораторию. Глубокое замораживание проб (до минус 20°C) позволяет увеличить период их хранения. Для многих показателей (общее содержание солей, силикаты, летучие соединения) этот способ хранения неприемлем. Для хранения проб воды более всего подходит консервация. Следует помнить, что законсервированные пробы должны быть проанализированы в возможно короткий срок. Универсального консервирующего вещества не существует. Чаще всего для этой цели используют кислоты, щелочи или органические растворители, применяемые в дальнейшем для экстракции. Транспортировать пробы необходимо в специальной таре, исключающей возможность их разлива и боя сосудов (рекомендации Р 52.24.353-2012).

Основные химические показатели

Количество веществ, растворённых в поверхностных водоёмах, огромно. Список веществ, на которые были установлены ПДК еще 1977 года, включал более 500 наименований. Естественно, что досконально изучить химический состав водоёма не всегда представляется возможным, а при экспресс-мониторинге это и не всегда нужно. Необходимо определить наличие и концентрации наиболее важных показателей, оказывающих серьёзное влияние на живущие в воде организмы и способных повлиять на здоровье человека. Поэтому при проведении экологического мониторинга выбираются основные – *ключевые показатели* и те, которые ожидается встретить в качестве загрязнителей – *ожидаемые показатели*, другими словами, предсказуемые вещества, связанные с определённым источником загрязнений.

При проведении исследований качества природных вод определяются следующие ключевые химические показатели: взвешенные вещества; сухой остаток; водородный показатель (рН); растворённый кислород; % насыщения воды растворённым кислородом; биохимическое потребление кислорода (БПК₅); химическое потребление кислорода (ХПК); азотная группа (азот общий, азот аммонийный, нитраты, нитриты); фосфор общий; тяжёлые металлы (мышьяк, медь, никель, цинк, свинец, кадмий, хром, ртуть); хлориды; сульфаты; бенз(а)пирен; суммарные нефтяные углеводорода (НУВ); СПАВ и др.

Основные химические показатели определяются, как правило, в лабораторных условиях, хотя некоторые из них, как, например, растворённый кислород, необходимо определять непосредственно в полевых условиях.

Органолептические показатели

При проведении исследований проб на соответствие санитарным нормам, при отборе проб на химический анализ в полевых условиях одновременно оцениваются и некоторые важные *органолептические показатели* (в условных оценочных баллах или характеристиках).

Органолептические показатели – характеристики качества воды, которые можно оценить с помощью органов чувств человека: зрения, вкуса, осязания, обоняния, слуха. При оценках чаще всего используют качественные характеристики, реже – количественные оценки в виде баллов, шкал, уровней.

Органолептическая оценка качества воды – обязательная начальная процедура санитарно-химического контроля воды. При корректной оценке органолептических показателей (с использованием таблиц, шкал, различных критериев сопоставления) специалисты говорят об органолептических измерениях.

Запах (характер, интенсивность) характеризуется интенсивностью, которую измеряют в баллах (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Определение интенсивности запаха

Оценка интенсивности, балл	Интенсивность запаха	Характер проявления запаха
0	Отсутствие	Отсутствие ощутимого запаха
I	Очень слабый	Запах, замечается, в основном, специалистом
II	Слабый	Запах отмечается при внимательной оценке
III	Заметный	Дегко обнаруживается, неприятен для питья
IV	Отчётливый	Обращает на себя внимание, может заставить воздержаться от питья
V	Очень сильный	Настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в воду в результате процессов жизнедеятельности водных организмов, при биохимическом разложении органических веществ, химическом взаимодействии содержащихся в воде компонентов, а также с промышленными, сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. На запах воды оказывают влияние

состав содержащихся в ней веществ, температура, значения pH, степень загрязненности водного объекта, биологическая обстановка, гидрологические условия и т.д.

В лаборатории запах определяют при нормальной (20°C) и повышенной (60°C) температуре воды. При определении запаха в полевых условиях следует отмечать температуру воздуха и воды.

Запах по характеру подразделяют на две группы, описывая его субъективно по своим ощущениям (табл. 4.2):

1) *естественного происхождения* (от живущих и отмерших организмов, от влияния почв, водной растительности и т.п.);

2) *искусственного происхождения* (обычно значительно изменяются при обработке воды).

Таблица 4.2

Определение характера запаха

Запах естественного происхождения	Запах искусственного происхождения
землистый	нефтепродуктов (бензиновый и др.)
гнилостный	хлорный
плесневый	уксусный
торфяной	фенольный и др.
травянистый и др.	

Вкус и привкус. Оценка вкуса воды проводят *только у питьевой природной воды при отсутствии подозрений на ее загрязненность*. Различают 4 вкуса: солёный, кислый, горький, сладкий. Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (солонюватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.). Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5-балльной шкале (табл. 4.3).

Таблица 4.3

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 потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании	1
Слабая	Вкус и привкус замечаются специалистом	2
Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от употребления воды	4
Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

Прозрачность (светопропускание) – обусловлена цветом и мутностью. Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в водоём белую пластину определённых размеров (*диск Секки*). Прозрачность можно также определять по *ширифту Снеллена*: в этом случае следует различать чёткость букв на белой бумаге с шрифтом определенного размера и типа (средней жирности, высотой 3,5 мм). Прозрачность выражается в сантиметрах с указанием способа измерения.

Мутность (мг/дм³) вызывается присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими или органическими веществами. Определение проводят описательно: 1 – слабая опалесценция, 2 – опалесценция, 3 – слабое замутнение, 4 – заметное замутнение, 5 – сильное замутнение.

Цветность – характеризует интенсивность окраски воды, обусловленную содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы; обусловлена, главным образом, присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа. Определяется путём сравнения окраски испытуемой воды с эталоном. Высокая цветность воды ухудшает её органолептические свойства и отрицательно влияет на развитие водных организмов в результате резкого снижения концентрации растворённого кислорода, который расходуется на окисление соединений железа и гумусовых веществ. Цветность воды определяется визуально или фотометрически, при сравнении окраски пробы с окраской условной 100-градусной шкалы цветности воды, приготавливаемой из смеси бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и $CoSO_4$. Предельно допустимая величина цветности в водах, используемых для питьевых целей, составляет 30–35 градусов по платиново-кобальтовой шкале. В зонах рекреации окраска воды не должна обнаруживаться визуально в столбике высотой 10 см.

Водородный показатель (pH) – показывает содержание ионов водорода; представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе: $pH = -\lg[H^+]$. Концентрация водородных ионов не только определяет границы распространения гидробионтов, но и влияет на характер их жизнедеятельности. В зависимости от отношения к различным концентрациям водородных и гидроксильных ионов гидробионты подразделяются на стеноионные, обитающие в водах с колебанием pH в 5–6 единиц, и эвриионные, выдерживающие большие изменения этого фактора. Для всего живого в воде (за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий) минимально возможная величина $pH=5$; дождь, имеющий $pH < 5,6$, считается кислотным дождем. Значение pH в речных водах обычно колеблется в пределах 6,5–8,5, в болотах 5,5–6,0. Зимой величина pH для речных вод обычно 6,8–7,4, летом – 7,4–8,2. pH меняется по продольному профилю реки: в верховьях меньше, к низовью увеличивается. При сбросе промышленных сточных вод этот показатель может заметно отклоняться от нормы (табл. 4.4). В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения величина pH не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5. В полевых условиях pH можно измерить либо с помощью лакмусовой бумажки и сравнения её цвета с эталоном, либо при помощи полевого pH-метра.

Таблица 4.4

Группы природных вод в зависимости от pH

Группа	pH	Примечание
Сильнокислые воды	<3	Шахтные, рудничные воды
Кислые воды	3–5	Поступление органических кислот в результате разложения органического вещества
Слабокислые воды	5–6,5	Присутствие гумусовых кислот в болотных водах (воды лесной зоны)
Нейтральные воды	6,5–7,5	Наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слабощелочные воды	7,5–8,5	Наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Щелочные воды	8,5–9,5	Присутствие Na_2CO_3 и NaHCO_3
Сильнощелочные	9,5	Присутствие Na_2CO_3 и NaHCO_3

Пенистость – 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, как правило, при анализе сточных и загрязненных природных вод.

Наличие нефтепродуктов и плавающих примесей. Определение нефтепродуктов достаточно сложный процесс. Однако в полевых условиях достаточно лишь визуально отметить наличие нефтепродуктов – радужные нефтяные разводы или характерные бурые отложения, толстые плёнки чёрного цвета при обильных (иной раз катастрофических) загрязнениях. Таблицу 4.5 можно использовать для учёта загрязнения нефтепродуктами.

Таблица 4.5

Уровень загрязнения водного объекта нефтепродуктами

Баллы	Внешний вид загрязнения
1	Отсутствие плёнок и пятен на поверхности воды
2	Отдельные плёнки и пятна, в том числе нефтяные, на поверхности воды
3	Плёнки нефти на водных растениях
4	Пятна и плёнки нефти на большей части поверхности и на берегах
5	Поверхность воды покрыта нефтью даже во время волнения
6	Плёнки и пятна появляются на поверхности воды только при перемешивании донного субстрата

4.2. Отбор проб на микробиологический анализ

Количественное и качественное определение бактериальных процессов включает в себя определение общего числа микроорганизмов. С целью оценки экологического состояния водоемов, подвергающихся антропогенному воздействию, предупреждения инфекционных заболеваний проводят бактериологический анализ воды посредством выявления опасных микроорганизмов – возбудителей заболеваний. В первом случае исследуется характер загрязнения по

структуре всего микробиоценоза (содержание микроорганизмов различных эколого-трофических групп), а во втором случае определяют количество патогенных и условно патогенных микроорганизмов.

Процедура отбора проб на микробиологический анализ описана в нормативных документах ГОСТ 31942-2012. «Вода. Отбор проб для микробиологического анализа» (ISO 19458:2006). Межгосударственный стандарт». Общие требования к транспортированию проб представлены в ГОСТ Р 51592 «Вода. Общие требования к отбору проб». Гигиенические требования к качеству воды поверхностных водоемов по микробиологическим показателям регламентируются СанПиН 2.1.5.980-00 «Вода водоема, сточная вода».

В поверхностных водоёмах пробы должны быть отобраны в местах водопользования (в месте водозабора, рекреации, в черте населенных пунктов и т.п.):

- при выявлении источников загрязнения в водотоках (проточных водоемах) точки располагают до источника загрязнения и ниже (не далее 500 м) по течению, в створе полного смешения (исходя из данных гидрологического режима); на непроточных водоёмах (озерах, водохранилищах, морях) точки отбора проб располагают во все стороны от источника загрязнения (в радиусе 500 м) и, в первую очередь, вдоль берега;

- влияние загрязнения на зону рекреации оценивают отбором проб на расстоянии 1 км выше по течению от зоны рекреации на водотоках и на расстоянии 0,1–1 км в обе стороны на непроточных водоемах и в море, а также в границах зоны рекреации.

Поверхностные пробы отбирают с глубины 10–30 см от поверхности воды или от нижней кромки льда в местах, где глубина водоема не менее 1,0–1,5 м. Придонные пробы отбирают с глубины 30–50 см от дна. Отбор проб проводят с использованием различных плавучих средств, мостов, помостов и других приспособлений. Не допускается проводить отбор проб с берега. Пробы воды рекомендуется отбирать специальным, предназначенным для этих целей батометром.

При выборе точек отбора проб для оценки качества природной морской, озерной и речной воды необходимо учитывать характер прибрежных течений, вертикальную стратификацию, переформирование дна, силу господствующих ветров, приливы и отливы и другие природные особенности, в том числе сезонные.

При отборе проб необходимо учитывать следующие положения:

1. Важно принимать во внимание неоднородность водной системы, учитывать возможность различия результатов анализа при отборе проб в точках с нестабильными условиями, например, при отборе поверхностных и глубинных проб, при загрязнении проб поверхностной пленкой на воде. В некоторых случаях (например, озеро, бассейн) содержание микроорганизмов в поверхностной пленке воды может быть в 1000 раз выше, чем под пленкой;

2. При выборе точки отбора проб следует учитывать влияние физических факторов (температура, скорость течения и др.) и химических факторов (рН, возможное наличие токсичных для микроорганизмов веществ и др.), которые могут отрицательно влиять на выживаемость и стабильность физиологического состояния исследуемых организмов.

3. При отборе проб должны быть обеспечены асептические условия (чистые руки или стерильные перчатки) и защита проб от пыли и попадания брызг.

4. Для отбора проб применяют чистые стерильные ёмкости, изготовленные из стекла или полимерных материалов (например, полипропилена, полистирола, полиэтилена, поликарбоната), не оказывающих влияние на жизнедеятельность микроорганизмов. Не допускается ополаскивание стерильных ёмкостей перед отбором проб. Устройства для отбора проб также должны быть стерильными или стерилизованы после каждого отбора. Пробы для микробиологического анализа отбирают первыми в серии проб в одной точке. Пробы должны быть защищены от пыли и попадания брызг. Для отбора проб погружением в чистую воду используют ёмкости, стерильные как внутри, так и снаружи и защищенные от загрязнений при хранении после стерилизации, например, упаковыванием в плотную бумагу, алюминиевую фольгу или пакеты из полимерных материалов, пригодных для стерилизации. Стерильную ёмкость для отбора проб открывают непосредственно перед отбором пробы, удаляя пробку вместе со стерильным колпачком. Пробка и края ёмкости не должны касаться посторонних поверхностей. После наполнения ёмкость немедленно закрывают стерильной пробкой, обеспечивающей герметичность и не намокающей при транспортировании, и стерильным колпачком. При заполнении ёмкости должно оставаться пространство между пробкой и поверхностью налитой воды, чтобы пробка не смачивалась при транспортировке и для обеспечения перемешивания пробы перед анализом.

5. Вместимость ёмкости для отбора проб должна соответствовать объему воды, необходимому для определения всех требуемых микробиологических показателей. В большинстве случаев вместимость ёмкости для отбора проб должна быть не менее 500 см, как правило, этого достаточно для определения 4–5 индикаторных микроорганизмов. При отборе проб из поверхностных водоемов отбирается проба воды объемом 1,5 л.

6. Отбор проб должен быть выполнен обученным персоналом. Процедура обучения и определения компетентности персонала, отбирающего пробы, должна быть документально оформлена.

Транспортирование, хранение и документирование проб (согласно ГОСТ 31861)

1. *Транспортирование проб* осуществляют в чистых продезинфицированных контейнерах, обеспечивающих их сохранность. Крышка контейнера не должна соприкасаться с пробками ёмкостей. Условия транспортирования должны быть документально оформлены. При транспортировании ёмкости с пробами должны быть упакованы таким образом, чтобы:

- защитить их от внешнего воздействия (солнечного излучения, нагревания, загрязнения, замораживания);
- исключить непосредственный контакт проб с аккумуляторами холода во избежание замораживания пробы;
- отрегулировать количество и объем аккумуляторов холода и их расположение в зависимости от количества проб, их массы и исходной температуры пробы;
- предусмотреть раздельное размещение в *контейнерах* неохлажденных и охлажденных проб.

Пробу следует доставить в лабораторию в течение 2 часов после отбора. Если время доставки превышает 2 часа, необходимо использовать контейнеры-холодильники. Для транспортирования предпочтительно охладить пробы до

температуры $(5\pm 3)^{\circ}\text{C}$ (например, используя аккумуляторы холода), если в стандартах на определение конкретного микробиологического показателя не установлено иное.

Транспортирование проб осуществляют в чистых продезинфицированных контейнерах, обеспечивающих их сохранность. Крышка контейнера не должна соприкасаться с пробками емкостей. При транспортировании емкости с пробами должны быть упакованы таким образом, чтобы защитить их от внешнего воздействия.

2. *Время хранения проб* воды от отбора до начала их анализа включает продолжительность транспортирования, регистрации и подготовки проб к анализу. Время хранения должно быть минимальным, насколько возможно, и задокументировано. Анализ проб воды важно начать в тот же рабочий день, в который осуществлен отбор проб. (Максимальный срок хранения проб – см. ГОСТ 31862 и ГОСТ 31861.) Увеличение этого срока приведет к уменьшению достоверности результатов. Поэтому лицо, ответственное за отбор проб, и лицо, ответственное за проведение испытаний, должны работать во взаимодействии. По согласованию с заказчиком допускается увеличение максимального срока хранения проб до 8 ч.

3. *Документирование процедуры отбора проб.* До отбора проб или сразу же после него следует нанести маркировку на ёмкость и заполнить акт отбора пробы.

Маркировка емкостей должна быть четкой, сохраняться в течение всего времени хранения пробы и содержать следующую информацию:

- место отбора пробы;
- дата и время отбора. Допускается кодирование проб с отражением номера в акте отбора проб.

В акте отбора проб указывают:

- наименование и адрес (юридический и фактический) заказчика;
- объект исследования;
- перечень определяемых при анализе показателей или ссылку на стандарт, их определяющий;
- дату, время и место отбора проб;
- метод отбора проб со ссылкой на стандарт по отбору проб;
- условия транспортирования, включая продолжительность транспортирования, средства транспортирования – сумка-холодильник и т.д.;
- должность, фамилию, инициалы и подпись лица, проводившего отбор проб, с указанием лиц, присутствующих при отборе проб;
- цель исследования: в плановом порядке или по внеплановым мероприятиям (рекомендации органов, уполномоченных осуществлять санэпиднадзор; сигналы об изменении органолептических качеств воды, поступающие от населения и т.п.).

Для правильной интерпретации результатов анализа могут потребоваться и другие сведения, например: температура, использованный дезинфектант, любые другие факторы и отклонения от установленных процедур, которые могут повлиять на результаты микробиологического анализа. При превышении допустимого максимального времени хранения пробы результаты испытаний должны быть внесены в протокол испытаний с указанием, что данный результат получен после часов хранения пробы.

Основные микробиологические показатели

Количественное и качественное определение бактериальных процессов включает в себя определение общего числа микроорганизмов.

Санитарно-бактериологический анализ воды проводят с целью предупреждения инфекционных заболеваний, возбудителями которых являются микроорганизмы, встречающиеся в воде, а также для оценки экологического состояния водоемов, подвергающихся антропогенному воздействию. В первом случае определяют количество патогенных и условно патогенных микроорганизмов, а во втором – исследуется характер загрязнения по структуре всего микробиоценоза (содержание микроорганизмов различных экологических групп).

Индикаторными группами микроорганизмов при выявлении коммунально-бытовых загрязнений являются санитарно-показательные микроорганизмы (СПМ) – такие микроорганизмы, которые постоянно обитают в организме человека (животных) и выделяются во внешнюю среду. К ним относятся *бактерии группы кишечных палочек* (БГКП), *энтерококки*, *протеи*, *сульфит-редуцирующие клостридии*. Чем выше концентрация СПМ, тем больше вероятность присутствия патогенных микроорганизмов, к которым относятся: общие колиформные бактерии, *E. coli*, колифаги, энтерококки, стафилококки, сальмонеллы, шигеллы, вирусы (энтеровирусы, ротавирусы, вирусы гепатита А), а также *P. aeruginosae*, *Legionella pneumophila*, *Campilobacter jejuni* и др., жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглавов, токсокар, фасциол), цисты патогенных кишечных простейших, ооцисты криптоспоридий.

Согласно гигиеническим требованиям и нормативам качества питьевой воды, установленным СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников», при проведении рутинных микробиологических оценок определяют четыре основных показателя: *общие колиформные бактерии* (ОКБ), *общее микробное число* (ОМЧ), *термотолерантные колиформные бактерии* (ТКБ) и *колифаги*.

Техника обнаружения микроорганизмов заключается в их выращивании на питательных субстратах (средах), соответствующих их физиологическим потребностям. Посев производится в чашки Петри, либо бактерии могут расти на мембранных фильтрах. В искусственно созданных условиях бактерия начинает делиться и образует колонию, различимую невооруженным глазом. Подсчет колоний при учете разведения воды дает представление о количестве микроорганизмов в исследуемой воде. Для определения принадлежности колоний к той или иной видовой группе проводят дальнейшие исследования по проверке способности ферментировать то или иное вещество, проверяют, окрашивается ли колония специальным красителем (метод окраски по Грамму), рассматривают морфологию клеток. При проведении бактериологических исследований необходимо соблюдать условия стерильности.

При общественном мониторинге микробиологический анализ проб следует проводить на базе специализированных центров и лабораторий, таких, как Центр эпидемиологии и гигиены (г. Владивосток), поскольку микробиологический анализ как процедура очень сложный и требует высокой квалификации.

4.3. Методы сбора водорослей

Многие виды водорослей, встречающиеся в водоёмах, служат хорошими индикаторами условий обитания, так как для своего развития они требуют строго определенных значений экологических факторов. Зная состав и динамику обилия таких видов-индикаторов, можно оценить по их наличию и количественному развитию качество воды водоёма и его экологическое состояние. Мы сосредоточим основное внимание на использовании в мониторинге бентосных водорослей (фитобентос), однако представим и краткую информацию о сборах планктонных водорослей (фитопланктон).

Отбор проб фитопланктона. Основной метод сбора планктонных водорослей – фильтрование воды через планктонную сеть. Такие сети могут быть различной конструкции, но в основном представляют кольцо с пришитого к нему конического мешка из мельничного газа, на конце которого прикреплен стаканчик, имеющий выходную трубку с краном или зажимом Мора. При сборе планктона, населяющего поверхностный слой водоёма, планктонную сеть опускают в воду так, чтобы её верхняя часть находилась над водной поверхностью, или черпают воду из поверхностного слоя (до 15–20 см глубиной) и выливают в сеть. На крупных водоёмах планктонные пробы отбирают с плавсредств, при этом тянут планктонную сеть на верёвке за движущейся лодкой в течение определённого промежутка времени (обычно 5–10 мин). Закончив сбор планктона, сеть прополаскивают, смывая водоросли, отложившиеся на внутренней поверхности сети, в стаканчик, а потом сливают воду из стаканчика через выводную трубку в заранее приготовленную ёмкость, добавляя фиксатор.

Отбор проб фитобентоса. Организмы фитобентоса (или перифитона) обычно собирают с твёрдых донных субстратов – валунов, крупноразмерной гальки. Вытащив камень из воды, соскабливают с его поверхности острым предметом, обычно скальпелем (можно пользоваться скребком, ножом, пинцетом или обычной столовой ложкой с заточенным краем). В случае слабого развития перифитона, когда оброст представлен едва осязаемым на ощупь слизистым налетом, следует использовать зубную щётку, которую нужно тщательно ополаскивать в склянке с небольшим количеством воды. Водорослевую плёнку помещают в небольшую кювету, а потом полученную фракцию смывают в приготовленную ёмкость, добавляя немного формалина. При наличии на субстратах зелёных шариков, кустистых или нитчатых образований также помещают их в ёмкости (отдельные) для дальнейшего изучения. Есть методы сбора водорослей с мягких грунтов с помощью илососов или металлических трубок типа стратиметрических. Для отбора количественных проб или проб с глубин используют различные микробентометры – пробоотборники с определённой площадью захвата грунта.

В реках идеальным местом отбора фитобентоса являются каменистые перекаты. В то же время при проведении специальных исследований, связанных, например, с картированием отдельных участков водных объектов, могут изучаться фитобентосные сообщества из разных «микроразнообразий», что определяется целью конкретного исследования. Наиболее пригодными для сбора перифитона являются нейтральные субстраты (камни, бетонные сооружения); они дают хорошо сравнимые результаты. Не следует отбирать пробы

с поверхности деревянных предметов, так как разлагающаяся древесина вызывает микросукцессии в развивающихся на таких субстратах обрастаниях и может исказить представление о действительном состоянии биоценозов. С поверхности листьев и стеблей макрофитов сбор перифитона производят, смывая оброст мягкой кисточкой. Такие растения, как роголистник, уруть с узкими листовыми пластинками, помещают в склянку с водой и тщательно полощут. Затем растение вынимают, а смытый оброст сохраняют для анализа. Сбор оброста с макрофитов осуществляют лишь в тех случаях, когда на створе нет никаких других субстратов; это обусловлено тем, что макрофиты оказывают заметное влияние на состав и количественное развитие перифитона. Рекомендуется отбирать пробы хотя бы на одинаковых видах макрофитов сравниваемых станций (створов). Для получения сопоставимых результатов отбор проб на разных станциях желательно производить с одних и тех же субстратов.

Рекомендуется проводить визуальное описание перифитона, для чего следует пользоваться стандартными терминами, обозначающими *тип обрастаний*: налёт, плёнка, слой, корка, нарост, бахрома, пряди, космы нитчатых водорослей и т.д.; *характер обрастаний*: слизистые, рыхлые, плотные, кожистые, известковой структуры, губкообразные, ватообразные, нежные, грубые, слабые, тонкие, толстые и т.д.; *цвет обростов*, *геометрию распределения*: гетерогенное мозаичное, равномерное однообразное, а также *приуроченность к участку водного объекта*: прибрежье, на глубине, в проточных и застойных зонах и т.д. Полезно оценивать проективное покрытие каждого типа обрастаний в процентах от общей площади субстратов, как это рекомендовано в руководстве СЭВ. Для этого на определенной, хорошо просматриваемой акватории водного объекта (обычно это 1–10 м²) осматриваются и отмечают типы обростов на характерных субстратах, по глазомерной шкале оценивается их распространенность в баллах в зависимости от занимаемой площади (табл. 4.6):

Таблица 4.6

Распространённость обростов и занимаемая ими площадь

Распространённость, баллы	1	3	3	5	7	9
Занимаемая площадь, %	<1	1–3	3–10	10–20	20–40	40–100

Все эти сведения заносятся в полевой журнал и в дальнейшем используются для оценки динамики изменений биоценозов перифитона и общего заключения об экологическом состоянии водного объекта.

Фиксирование пробы. Водорослевые пробы сохраняют в живом или фиксированном виде. Если вы хотите посмотреть водоросли живыми, увидеть их движение, естественный цвет, может быть даже процесс деления, то не фиксируйте пробу, в этом случае вы должны смотреть материал сразу же, как только вернулись с экскурсии. Если хотите, чтобы водоросли дольше оставались живыми, поместите их в большой объём воды, в которой они обитали. Если материал предназначен для длительного хранения, вы будете смотреть материал не сразу или собираетесь передавать его на определение специалистам, то нужно пробу зафиксировать с помощью фиксирующей жидкости. Лучше всего исполь-

зывать 4% раствор формалина или добавлять в ёмкость с водой 40% формалин в пропорции 1:10.

Этикетирование проб. К каждой пробе нужно сделать этикетку. Можно использовать для этого кусочек лейкопластыря, который вы наклеиваете на пузырек и подписываете шариковой ручкой или этикетку, сделанную на бумаге и подписанную карандашом. В этикетке следует указать: район сбора; название водоёма, из которого собрана проба; тип субстрата, с которого собрали водоросли; дату сбора и фамилию сборщика.

Микроскопирование материала. Увидеть одноклеточные водоросли мельчайших размеров можно только с помощью микроскопа. Самые простые микроскопы – это микроскопы марок Биолам и МБС. Чтобы увидеть водоросли, вам необходимо работать с увеличениями от 100 до 400 раз. Пипеткой берется капля пробы и помещается на предметное стекло, затем сверху накрывается покровным стеклом.

Определение материала. Самая трудная часть работы с водорослями – это их определение. Книг, в которых в популярной форме было бы рассказано об определении пресноводных водорослей, проиллюстрированных рисунками или фотографиями, практически нет. Единственное доступное для широкого круга читателей издание – «Жизнь растений» (том 3, 1977). Рекомендуем также использовать книгу «Атлас водорослей – показателей сапробности (Российский Дальний Восток)» (авторы С.С. Баринов, С.А. Медведев, 1996). Для выполнения определений или решения проблемы, связанной с водорослями, можно обращаться к специалистам в Международный центр экологического мониторинга ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (cleanwater@biosoil.ru; 8-924-2408-457), специалисты центра помогут провести определение или свяжут с соответствующим специалистом.

4.4. Методы отбора макрозообентоса

Изучение беспозвоночных в донных сообществах водоёмов и водотоков может основываться на качественном учёте организмов (кто и где обитает) и количественном (кто, сколько и где обитает). В зависимости от поставленной задачи выбираются методы сбора: *количественные, условно количественные или качественные*. Количественные методы предполагают отбор беспозвоночных с определенной ограниченной поверхности дна (собранные организмы или их биомасса затем пересчитывается на квадратный метр: экз/м², или г/м²). При качественных сборах главная задача – выявить, какие животные обитают в водоёме, поэтому точная численность организмов не учитывается или определяется по балльной шкале. При условно количественных сборах число собранных организмов не привязывается к точной площади (так как точную площадь в квадратных метрах не определяют), а выражается в % или относительных долях (баллах).

4.4.1. Отбор количественных проб

Техника отбора проб на малых и средних водотоках (бродных) и малых водоёмах (пруды, неглубокие каналы) существенно отличается от таковой на крупных водотоках и водоёмах (озёрах, водохранилищах) (небродных). На бродных водотоках и малых водоёмах используют рамочные пробоотборники

или производят отбор проб по методу Шрёдера-Жакина. На Дальнем Востоке России при отборе количественных проб на бродных водотоках используют *бентометр Леванидова*, на самых малых водотоках – *пробоотборник Сарбера* или его модификации. На крупных водных объектах используют различные глубоководные дночерпатели.

Бродные реки и малые водоёмы

Бентометр Леванидова (BL). Прибор представляет собой прямоугольный каркас, имеющий площадь захвата $0,3 \times 0,4$ м ($S = 0,12$ м²) и высоту 0,4 м (рис. 4.1а). Три боковые грани каркаса затянуты планктонным газом N 15, а к четвертой грани пришит мешок из планктонного газа N 23 длиной 1,5 м. Бентометр плотно устанавливают на грунт до глубины не более 0,3–0,35 м (рис. 4.1а, 4.2а). Субстрат с площади охваченной бентометром перемещают внутрь мешка, а затем перекалывают в ведро или таз, наполненные на 1/3 водой, тщательно промывают вращательным взмучиванием. Взмученную фракцию сливают в сачок-промывалку (рис. 4.1б). Пробу промывают до тех пор, пока вода не становится прозрачной. После этого оставшуюся в промывалке фракцию вместе с животными перекалывают в подготовленную ёмкость. Количественные пробы бентометра на каждой станции одновременно отбирают в 2–3 повторностях; каждую повторную пробу фиксируют в отдельной ёмкости или в одной – это условие указывают на этикетке (например: 1 повторность или 3 повторности в одной ёмкости). Листья, палки и камни, попавшие в мешок, промывают в ведре и выбрасывают, а оставшиеся фракции вместе с животными процеживают через промывалку и перекалывают в ту же ёмкость.

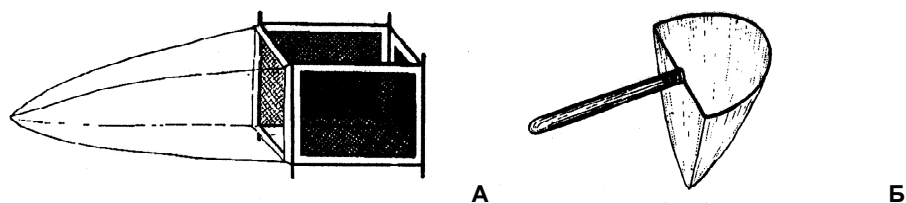


Рис. 4.1. а – бентометр Леванидова, б – сачок-промывалка

Малый бентометр (BS) (модификация бентометра Сарбера). Площадь захвата бентометра $0,25 \times 0,25$ м ($S = 0,062$ м²) (рис. 4.2б). Каменистый субстрат скребком или вручную (в перчатках) сгребают в мешок из дели или планктонного газа N 23 длиной 60–100 см, затем отобранную фракцию отмучивают, промывают через сачок-промывалку, перекалывают в ёмкость и фиксируют.

Метод Шрёдера-Жакина (SZ). Количественный отбор проб на каменистых грунтах можно осуществлять по *методу Шрёдера-Жакина* (метод валунов). При этом со дна реки собираются валуны и помещают в ведро с водой. Затем валуны промывают, все организмы, находящиеся на них, смываются в сачок. При изъятии камня со дна, следует сачок подносить близко к камню, чтобы животные не смылись течением при выемке. Камень тщательно отмывается в ведре или тазу, собранные животные с остатком минеральных фракций сливают в сачок, далее

их перекладывают в ёмкость и фиксируют. Камень, с которого были собраны беспозвоночные, кладётся на плотную бумагу, таким образом, как он лежал на дне, и обрисовывается. Площадь камня рассчитывается «клеточным» методом, или проекция вырезается и взвешивается. Далее, зная вес 1 см² применяемой бумаги, определяется площадь проекции камня и проводится расчет количества собранных организмов на 1 м² площади дна. Обычно на каждой станции отбирают по 3–5 валунов. Собранные с поверхности валуна организмы перекладывают в ёмкость и фиксируют.



Рис. 4.2. а – бентометр Леванидова, б – малый бентометр в русле водотоков

Особенности разных методов количественных сборов. Основным недостатком бентометра Леванидова является объем проб, требующий больших временных затрат на их обработку. При отборе проб путём сбора макробентоса с отдельных валунов по методу Шрёдера-Жадина недобирают некоторую часть бентоса за счёт инфауны, обитающей в грунте под основанием валуна; однако на валунных грунтах этот метод даёт вполне сопоставимые результаты с данными бентометров. Малый бентометр сложно использовать на субстратах с крупными валунами, зато он более пригоден для работы в истоковой зоне водотоков и в эфиритали с мелкоразмерным грунтом.

Небродные водотоки, озёра и водохранилища

Дночерпатели. На крупных водотоках и водоёмах количественные пробы бентоса проводят дночерпателями различных конструкций и разной площадью захвата. Обычно используется стандартная модель *дночерпателя Ван-Вина*, имеющего площадь захвата $0,025 \text{ м}^2$ (рис. 4.3), или *Петерсена*. На каждой точке отбирают не менее 2 проб. При работе на катере спуск и подъем прибора проводится вручную. После захвата дночерпателем грунта прибор поднимают, помещают в таз, в который затем освобождают пробу. При взятии проб на плотных песчаных и галечных грунтах используют *штанговые дночерпатели Заболоцкого* или *Мордухай-Болтовского*. Площадь захвата этих приборов составляет $0,01 \text{ м}^2$. В каждой точке при работе со штанговыми дночерпателями отбирается по четыре пробы.



Рис. 4.3. Дночерпатель Ван-Вина

Пробы, собранные дночерпателем, перед фиксацией, как правило, отмучивают порциями в ведре или тазу. Для этого часть пробы помещают в ведро или таз, наполняя его на 1/3 водой и вращательными движениями взмучивают. Взмученную фракцию сливают в сачок-промывалку. Процесс отмучивания повторяется до тех пор, пока вода, которой промывают пробу, не становится прозрачной.

Количественные пробы используются для подсчёта численности и биомассы организмов на квадратный метр. Количественные пробы фиксируют 4% формалином, так как при этом не происходит изменения веса организмов (при фиксации этиловым спиртом происходит значительная потеря веса).

4.4.2. Отбор условно количественных проб

Метод принудительного дрефта (kick sampling) рекомендуется при проведении экспресс-мониторинга с целью получения количественных данных по составу и численности бентоса. Метод заключается в перемешивании донного грунта на определенной части русла водотока и сборе смываемых организмов специальными уловителями – сачками или сетками. При отборе организмов с участка определённой дистанции и в определенном временном промежутке полученные данные возможно сравнивать с другими пробами, отобранными при аналогичных условиях. Такие «условно количественные» пробы позволяют выявлять относительную долю видов и групп организмов, рассчитывать структуру донных сообществ. И хотя число организмов в таких пробах не может быть рассчитано на квадратный метр, но их доля, представленная в %, позволяет определить доминирующие таксоны, оценить долю чувствительных и толерантных организмов.

В практике дальневосточного мониторинга используются два подхода по сбору условно количественных проб методом принудительного дрефта, при которых используются два типа пробоотборников: *донный сачок* (D frame dip net) и *ручной экран* (Kick-net) на средних и относительно крупных водотоках. Эти методы широко используются в пресноводном биоассессменте США, а рекомендуемые пробоотборники являются стандартными орудиями сбора при проведении государственного мониторинга под эгидой US EPA.

В практике дальневосточного мониторинга используются два метода сбора условно количественных проб – с помощью *донного сачка* и *ручного экрана*.

Отбор с помощью донного сачка (D). Донный сачок (D-frame deer net, D-net) имеет форму «D», размеры рамки имеют ширину 0,3 м и высоту 0,3 м; нижняя часть сачка, которую прижимают к субстрату, – прямая; верхняя – полуизогнутой формы; длина рукояти варьируется от 1,5 до 2 м. К металлической рамке прикрепляется конусная сеть или мешок для захвата организмов (рис. 4.4а). Применяется на средних и малых водотоках.

Сбор при стандартной процедуре экспресс-мониторинга на водотоках производят следующим образом. Двое сборщиков становятся в русло водотока вместе с наиболее сильным течением (на стрежне), один прижимает донный сачок к поверхности грунта, другой, выше по течению, тщательно перемешивает грунт на протяжении 3 метров в течение 1 минуты (рис. 4.4б). Смытый в сачок материал (детрит, камни, песок) вместе с животными перекладывается в кювету для определения и учёта организмов в полевых условиях или фиксируется в ёмкость для дальнейшей обработки в лаборатории. Для отбора проб следует выбирать перекат, типичный для исследуемого участка реки. Отбор проб производится в 3-х повторностях по центру течения (стрежень): в начале переката (проба DRup), в центре (DRmd) и на сливе (DRdn) (рис. Ц.5).

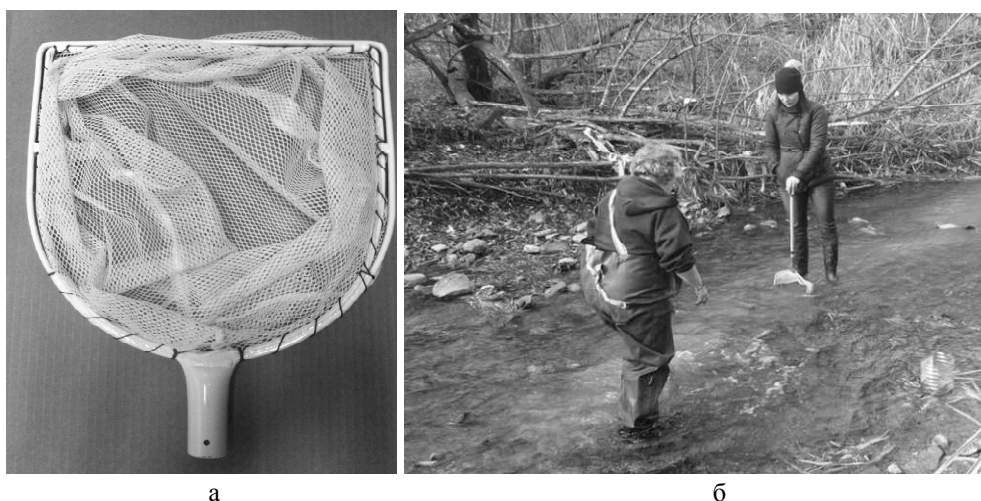


Рис. 4.4. Отбор проб методом принудительного дрефта с помощью донного сачка:
а – форма стандартного донного сачка (D-net), б – процедура отбора на водотоке

Отобранные пробы фиксируют либо в отдельные ёмкости (в этикетке сообщается участок переката, с которого собран материал: DRup, DRmd или DRdn); либо пробы с 3 участков переката помещают в одну и ту же ёмкость и шифруют: $DRup = DRmd + DRdn$. Такую пробу называют *комплексной*.

Отбор с помощью ручного экрана (К). Ручной экран (Kick-net) представляет полотно сетки, к боковым сторонам которой прикреплены деревянные ручки-держатели (рис. 4.5а). Размеры полотна сетки составляют 1×1 м. Данный пробоотборник наиболее эффективен при сборах проб на каменистых перекатах с высокой скоростью течения, позволяет собирать с глубины до 1 м. Применяют его на среднеразмерных водотоках; не пригоден для использования на небольших ручьях с шириной 1 м и менее.

Двое сборщиков становятся в русло водотока на участке с сильным течением, один прижимает ручной экран ко дну и наклоняет экран на себя; другой перемешивает грунт дна на расстоянии в 3 м в продолжение 1 мин (рис. 4.5б), затем осторожно берет экран за нижние концы палок и вместе с другим сборщиком осторожно вынимает экран из воды. После этого детрит вместе с животными смывается в ведро, далее полученная проба промывается через промывалку, и организмы вместе с частицами детрита перекадываются в ёмкость.



Рис. 4.5. Отбор проб методом принудительного дрефта с помощью ручного экрана:
а – ручной экран; б – процедура отбора проб на водотоке

Определение и учёт организмов проводится либо в полевых условиях (после окончания подсчёта организмы возвращаются в водоток), либо в лабораторных условиях. Для ускорения подсчетов можно разделить пробу на 2 (или 4 части) и производить подсчет организмов только 1/2 (или 1/4) части пробы.

Если при отборе ручным экраном сбор производился с определенного участка русла за определенное время, это указывают в этикетке и полевом дневнике, шифруя пробу так: КЗmin/1m – вы указываете, что проба собрана с участка в 3 метра за 1 минуту.

Условно количественные пробы особенно важны при проведении экспресс-мониторинга с целью оперативного выявления изменений в донных сообществах, происшедших в результате загрязнения. Методы отбора ручным экраном и донным сачком рекомендуются и для общественного мониторинга, когда необходимо быстро и достоверно выявить экологические нарушения неспециалистами по количественным данным.

Фиксация условно количественных проб. Фиксация проб, собранных методом принудительного дрефта, проводится 75–80% этиловым спиртом, так как данные пробы используются только для подсчёта количества организмов в пробе, а не для определения их биомассы путём взвешивания.

4.4.3. Качественные пробы

Отбор качественных проб (Q). К методам отбора качественных проб относятся:

а) непосредственный ручной сбор организмов с поверхности дна (тотальный сбор с определенных или различных субстратов дна, листовых пакетов, коряг и других затонувших древесных фрагментов, а также сбор с предметов антропогенного происхождения – свай мостов, причальных стенок и т.д.);

б) метод принудительного дрейфа (без учёта дистанции участка отбора и времени отбора), который заключается в перемешивании грунта на течении и отборе дрефтующих организмов различными уловителями, в том числе донным сачком.

Донный сачок можно использовать для качественных сборов с различных мест обитания: на быстром течении (рис. 4.4б, 4.5б), в прибрежьях для сбора организмов путём «простукивания» прибрежья (jabbing) (рис. 4.6а), в растительных местообитаниях (рис. 4.6б), путём «подметания» (sweeping) (рис. 4.7а) мягких субстратов или «окунация» (dipping) в водоём.



Рис. 4.6. Сбор водных беспозвоночных: а – путём постукивания в прибрежье; б – в зарослях растительности

4.4.4. Процедуры отбора проб

Как уже говорилось, при проведении пресноводного биоассессмента рекомендуется проводить отбор проб по определённым стандартным процедурам, учитывающим тип водотоков, существующие системы и протоколы биоассессмента. Дальневосточная система пресноводного биоассессмента при проведении мониторинга на бродных водотоках основывается на американской системе, принятой US EPA – Rapid Bioassessment Protocols (RBPs) [25].

На водотоках с преобладанием перекатов и каменистых субстратов осуществляют так называемый подход *отбора проб с однородных субстратов* (single habitat approach). В случаях, когда на исследуемом участке реки каменистые субстраты перекатов составляют менее 30%, осуществляют более сложную процедуру отбора проб – *отбор проб с разнородных субстратов* (multihabitat approach).

Для этих двух подходов рекомендуют две различные процедуры отбора проб.



Рис. 4.7. Отбор и промывание проб: а – отбор пробы путём «подметания» донного субстрата; б – промывание (отмучивание) пробы с помощью промывального сачка

Протокол отбора проб бентоса № 1. Сбор с однородных субстратов. Процедура *отбора проб с однородных субстратов* (single habitat approach) предполагает отбор проб на каменистых субстратах перекатов и предложена для стандартизации оценок между типологически сходными водотоками с преобладанием каменистых перекатов.

1. *Процедура отбора.* Выбирается отдел русла длиной 100 м вверх по течению от любой дороги или моста, чтобы минимизировать влияние на скорость потока, глубину и общее качество среды обитания; на этом участке не должно быть притоков, приносящих воды в основное русло. На выбранном 100-метровом участке производят: а) отбор условно количественных проб методом принудительного дрефта; б) отбор количественных проб с помощью рамочного пробоотборника; в) отбор качественных проб; г) сбор имаго амфибиотических насекомых:

1.1. Отбор проб *методом принудительного дрефта* производится двумя пробоотборниками: донным сачком – 3 повторности, ручным экраном – 1 повторность.

1.1.1. Пробы *донным сачком* (D) отбирают на середине русла (медиаль) в двух опциях:

– либо (а) пробы отбираются с *одного большого переката в 3 точках*: в нижней части переката (DRdn), средней (DRmd) и верхней (DRup), и все повторности фиксируют в одной ёмкости (шифр комплексной пробы в этом случае: DRdn+ DRmd + Drup); либо каждая повторность фиксируется в разных ёмкостях, шифр для каждой из 3 ёмкостей будет: DRdn, DRmd, DRup;

– либо выбираются *три разных переката* и в центре каждого отбираются пробы (отбор проб осуществляется с нижнего переката по направлению к верхнему) (шифр комплексной пробы: DR(1+2+3); если пробы фиксируются в разные ёмкости, каждая ёмкость получает, соответственно, следующие шифры: DR1, DR2, и DR3).

1.1.2. Пробы ручным экраном (К) отбирают в одноразовой повторности в центре одного наиболее крупного переката в течение 1 минуты с участка длиной 3 м. Шифр пробы: К-Р(3м/1min); если время отбора проб 2 минуты, а длина участка 2 метра, то шифр пробы будет соответственно такой: К-Р(2м/2min) и т.д.

Примечание 1: отбор проб осуществляется с нижней точки переката по направлению к верхней;

1.2. Отбор количественных проб:

1.2.1. Количественные пробы рамочным пробоотборником на этом участке длиной в 100 м отбирают в 2 повторностях: на одном или на двух разных перекатах в двух опциях:

- либо малым пробоотборником Сарбера (Sarber's Benthometer, BS) на малых водотоках с мелкозернистым субстратом. Шифр проб: BS-R1 (для первой повторности, отобранной на перекате 1); BS-R2 (для второй повторности с переката 2). Если пробы фиксируются в одну ёмкость, шифр пробы BS-R(1+2);

- либо бентометром Леванидова (Levanidov's Benthometer, BS) на малых и средних водотоках с крупнозернистым субстратом и глубиной не более 40 см. Шифр пробы BL-R1, если проба взята на первом перекате; BL-R2 – на втором перекате, BL-R(1+2), если проба взята на двух перекатах, но положена в одну ёмкость, и т.п.

1.2.3. Количественные пробы при желании (или при отсутствии рамочных пробоотборников) можно дополнить сбором бентоса с валунов по методу Шрёдера-Жакина (Shreder-Zhadin Sampling, SZ): с характерного переката отбирают 3–5 валунов (boulders) и далее производят сбор организмов по стандартной методике, описанной выше и фиксируют бентос в одной ёмкости. Шифр пробы: SZ-R+5; если с переката отбирается 3 валуна, шифр: SZ-R+3.

1.3. Отбор качественных (Q) проб. На этом же участке в 100 м проводят отбор качественных проб макробеспозвоночных с каменистых субстратов (перекатов), после экспресс-определения и подсчёта групп организмов беспозвоночные возвращаются в водоток. Если необходимо дальнейшее изучение беспозвоночных, в лаборатории их фиксируют 80% этанолом в отдельной ёмкости. Шифр пробы: Q-R – это означает, что качественная проба собрана с грунта на перекате; Q-Rn – качественная проба собрана с участка слива (run); Q-P – качественная проба с плёса.

2. Полевые регистрационные листы (прил. Б). Перед отбором проб следует заполнить полевой лист с абиотическими и биотическими характеристиками для документирования описания участка, погодных условий и других условий среды. После отбора проб просмотрите эту информацию для обеспечения точности и полноты.

3. Картирование участка и мест отбора проб. Нарисуйте схематическую карту 100-метрового участка (рис. 4.8). Эта карта-схема должна включать основные элементы русла (мезоуровень), например, перекаты, плёсы, упавшие деревья, изгибы и т.д.), а также важные элементы инфраструктуры: заводы, сельскохозяйственные поля, находящиеся в прибрежье реки и в непосредственной близости от потока. Отметьте стрелкой направление потока. Укажите места отбора проб макробеспозвоночных на карте, указывая шифром пробы, которые отбирались.

По возможности для определения широты и долготы зафиксируйте местоположение (GPS), взятое на самой удаленной по течению точке отбора проб.

4. *Фиксирование проб.* Фиксирование качественных (Q) и условно количественных проб (D, K), не отсортированных в поле, производится 95% этанолом, если материал в поле отсортирован (беспозвоночные выбраны из детрита и фракций грунта), материал фиксируют 75 или 80% этанолом. Количественные пробы фиксируют 4%-м формальдегидом. Следует иметь при себе пинцет для сортировки организмов в полевых условиях.

5. *Этикетирование* (прил. Б). Ёмкости с пробами должны снабжаться полевыми этикетками с указанием идентификационного кода образца (полевой номер пробы), района исследования, названием водотока, номера станции, имени коллектора; можно указать тип фиксатора и процент его концентрации. Следует указывать тип пробы и метод отбора пробы или ставить шифр пробы (см. выше). Эта же информация должна заноситься в полевую карточку и/или в полевой дневник, а затем, в лаборатории, в «Журнал отбора проб» и далее в разборочные карточки и электронную базу данных.

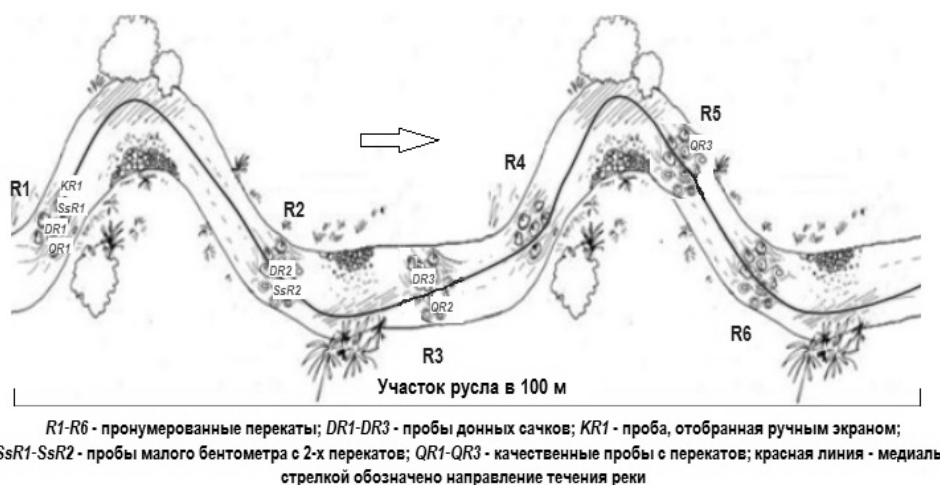


Рис. 4.8. Карта-схема отбора проб с указанием места отбора проб и типа пробы

6. *Контроль качества работ в поле (Quality Control, QC).* Очень важен контроль качества отбора проб, так как неправильно зарегистрированные пробы, путаница в номерах или этикетках обесценивают материал вплоть до его полной непригодности.

Поэтому обязательно:

- проследите за правильностью полевой нумерации проб;
- проставьте дополнительно к этикеткам и обозначьте маркером номера проб на крышке ёмкостей (иногда этикетки, положенные внутрь ёмкости, могут испортиться или, если они прикреплены снаружи, потеряться);
- через неделю после отбора проб и транспортировки их в лабораторию – проверьте качество фиксатора и при необходимости замените фиксатор на свежий;
- все орудия сбора после отбора проб тщательно промывайте, чтобы не оставить на сетках организмы или остатки детрита, которые могут попасть в пробы, отобранные позже на других участках русла этими же пробоотборниками; на следующей точке отбора проб перед началом работы убедитесь, что на пробоотборниках нет посторонних организмов, случайно оставшихся после предшествующих работ;

– старайтесь, чтобы отбор на всех контрольных точках осуществлялся одними и теми же коллекторами, за один и тот же период времени; чтобы технология отбора проб на разных точках была одинакова.

7. *Список инструментов, пробоотборников и материалов для отбора проб по Протоколу 1:*

- стандартный ручной экран с величиной ячеек сетки в 500 мкм и шириной экрана 1,0 м;
- стандартный донный сачок (D-frame deep net);
- почвенное сито для пошагового промывания пробы от детритных и минеральных фрагментов;
- ведро или таз для отмучивания пробы;
- сачок-промывалка;
- 95% этанол;
- ёмкости для фиксации проб в поле; контейнер для транспортировки проб;
- полевые этикетки (напечатанные на лазерном принтере) или специальная бумага для этикеток;
- пинцеты;
- карандаши и спиртовые ручки;
- держатель для бумаги и бумага для зарисовки картосхем;
- Полевая карта для регистрации условий сбора;
- Полевая карта для регистрации бентоса при сборе на однородных субстратах (Benthic Macroinvertebrate Field Data Sheet).
- аптечка;
- забродные сапоги-вэйдерсы или, что более удобно, рыбацкий полукомбинезон;
- резиновые перчатки;
- скребок;
- фотокамера;
- прибор для измерения координат (GPS)

Важно заполнять полевые карты на водостойчивой бумаге, что особенно актуально при влажных погодных условиях.

Протокол отбора проб бентоса № 2. Сбор с разнородных субстратов. Сбор с разнородных субстратов (multihabitat approach) осуществляется на нижних участках предгорных водотоков и на равнинных водотоках.

Известно, что при переходе от горных к предгорным и равнинным областям физико-гидрологические условия существенно меняются, в русле реки начинают появляться и преобладать такие элементы, как плёсы, заводи, местообитания с развитой высшей растительностью, характеризующиеся преобладанием седиментационных процессов над эрозионными. Процедура отбора проб с разнородных субстратов рекомендуется при условии, если на исследуемом участке каменистые перекаты составляют менее 30%. При этой процедуре предполагается отбор проб с различных элементов русла (мезоуровень). Водные беспозвоночные отбираются со всех типов субстратов с помощью донного сачка (D-net) путём отбора «ляганием» (kicking) или «подбиванием» (jabbing). Всего должно быть сделано 20 повторностей при отборе во всех местообитаниях. Отобранные бентосные пробы отмучиваются и промываются через промывалку (рис. 4.9а), а затем выкладываются в кювету для осмотра (рис. 4.9б).



Рис. 4.9. Проба в промывалке после отмучивания (а);
полевая сортировка беспозвоночных (б)

Основные типы местообитаний, которые можно выделить при отборе с разнородных субстратов и которые хорошо колонизируются различными водными беспозвоночными:

А. Валун (cobble, cb) (твёрдые каменистые субстраты): валуны или булыжники могут быть встречены как на перекатах, так и в промежуточных транзитных участках (run) русла; в предгорных и равнинных отделах водотока этот субстрат перестаёт быть доминирующим, уступая место мягким субстратам и аккумуляциям древесных фрагментов; часто валунный субстрат в нижних отделах водотоков представлен вместе с мелкоразмерными каменистыми фракциями: галькой, гравием, песчаной фракцией.

Отбор проб с валунно-галечных грунтов производится с помощью донного сачка (D-net) путем ворошения («лягания») субстрата на участке 0,5 м перед сачком. Шифр типа пробы: D-cb.

Б. Древесные фрагменты (snags, wood debris, db) (листовые пакеты, древесный детрит): данные фракции донных отложений, погружённые в водоток длительное время и прошедшие основные этапы разложения, представляют отличный субстрат для колонизации различными беспозвоночными.

Отбор проб производится с помощью донного сачка (D-net) путём «лягания» субстрата в локациях с выраженной скоростью течения и путём «подбивания» субстрата на плёсовых (затишных) участках. Рекомендуется отбирать древесные фрагменты средне-размерных фракций, избегая крупные фрагменты – стволы деревьев или крупные ветки (которые лучше подвергать индивидуальному осмотру при отборе сопутствующих качественных проб). Шифр пробы: D-db.

В. Околобереговая водная растительность (vegetated banks, vb): низкие берега полугорных и равнинных водотоков часто покрыты полупогруженной высшей водной растительностью, укоренившейся в прибрежье или плавающей.

Отбор проб в таких местообитаниях производится донным сачком путём «подбивания» сачком снизу-вверх (на затишных участках) или «ляганием», если есть течение). На участке, который характеризуется выраженным течением, сачок ориентируется таким образом, чтобы организмы смывались в него потоком. Шифр пробы: D-vb.

Г. Полупогружённые макрофиты (submerged macrophytes, sm): погружённые макрофиты – сезонные образования, обычно связаны с водотоками низких высот (равнинные, низовья предгорных рек).

Отбор производится донным сачком путём драгирования зарослей от донного до поверхностного горизонта (максимальное расстояние протаскивания сети 0,5 м в каждой повторности). На мелководных участках отбор производится путём «подметания» или «подбивания» прикорневых участков при избегании захватывания донных субстратов. Шифр пробы: D-sm.

Д. Песчаные, илисто-песчаные и илистые субстраты (sand and other fine sediment, fs): данные местообитания обычно наименее продуктивные, но на нижних (равнинных) участках они становятся наиболее многочисленными.

Отбор производится у берегов, свободных от растительности, путём «подбивания» донным сачком мягкого дна. Шифр пробы: D-fs.

1. Процедура отбора проб.

На выбранном 100-метровом участке производят отбор проб донным сачком (D) на различных типах местообитаний:

1.1. С валунно-галечных субстратов (cb) донным сачком (D) в 20 коротких повторностях путём ворошения грунта («ляганием»); фиксируются в одну ёмкость. Шифр пробы: D-cb+2 – если отобрано 2 повторности, D-cb+5 – если отобрано 5 повторностей.

1.2. С аккумуляций древесных фрагментов (db) донным сачком (D) в 20 коротких повторностях путём «лягания» или «подбивания»; фиксируются в одну ёмкость. Шифр пробы: D-db+2 (если отобрано 2 повторности).

1.3. С прибрежий, заросших околобереговой водной растительностью (vb), донным сачком (D) в 20 коротких повторностях путём «подбивания» сачком снизу-вверх на затишных участках или «ляганием», если есть течение; фиксируются в одну ёмкость. Шифр пробы: D-vb+2 (если отобрано 2 повторности).

1.4. С зарослей полупогружённых макрофитов (sm) донным сачком (D) в 20 коротких повторностях путём драгирования зарослей от донного до поверхностного горизонта (максимальное расстояние протаскивания сети 0,5 м в каждой повторности). На мелководных участках отбор производится путём «подметания» или «подбивания» прикорневых участков при избегании захватывания донных субстратов; фиксируются в одну ёмкость. Шифр пробы: D-sm+2 (если отобрано 2 повторности).

1.5. С мягких грунтов (песчаные, илисто-песчаные и илистые субстраты) (fs) донным сачком (D) в 20 коротких повторностях путём «подбивания» донным сачком мягкого дна. Шифр пробы: D-fs+2 (если отобрано 2 повторности).

2. Полевые регистрационные листы.

3. Картирование участка и мест отбора проб.

4. Учёт площади местообитаний.

5. Схема отбора проб вдоль русла 100-метрового участка.

6. Комплексная проба.

7. Фиксация, регистрация и транспортировка проб.

8. %-ная доля площади местообитаний.

9. Экспресс-оценка флоры и фауны.

10. Контроль качества работ в поле.

11. *Транспортировка и музейная регистрация проб.* Перевезите пробы в надёжных контейнерах в лабораторию и присвойте пробам коллекционные номера, соответствующие разборочным карточкам.

12. *Список инструментов, пробоотборников и материалов* для отбора проб по Протоколу 1. На рисунке 4.10 показаны необходимые инструменты для отбора и ёмкости фиксации проб.



Рис. 4.10. Оборудование для сбора проб

4.5. Сбор имаго амфибиотических насекомых

Сбор амфибиотических насекомых – необходимое условие для проведения более эффективного мониторинга, поскольку знание взрослых фаз помогает более точно определить личинок, собранных в процессе исследования, а значит, повышает точность расчетов по показателям, требующим видового определения. При наличии видовых списков, составленных на основе определения взрослых фаз, определение до видового уровня происходит быстрее и более достоверно, чем на основании неполовозрелых фаз, особенно в районах, где гидрофауна изучена недостаточно. Поэтому при отборах бентосных проб рекомендуется осуществлять отбор имаго амфибиотических насекомых.

Отбор имаго можно производить в дневное время (энтомологическим сачком), ночное (с помощью светоловушек) и в течение суток – при помощи палаточной ловушки Малеза.

Кошение прибрежной растительности энтомологическим сачком. Для сбора имаго амфибиотических насекомых в дневное время рекомендуется использовать энтомологический сачок. Сбор имаго осуществляется кошением прибрежной растительности.

Шифр имагинальной пробы, отобранной энтомологическим сачком методом кошения: A-Ns, где A – adult (взрослое насекомое, имаго), N – net (сачок), s – sweeping (кошение). Если имаго отбирают при определённом количестве взмахов (например, 10 взмахов), то такой сбор можно считать условно количественным и шифруют следующим образом с указанием количества взмахов: A-Ns+10.

Ночной сбор с помощью светоловушек. В ночное время используют специальные светоловушки, которые устанавливаются на берегу ручья или озера с момента наступления сумерек и обычно до 24.00 или 01.00 ночи. При желании можно провести исследование интенсивности ночного лета насекомых в течение ночи до восхода солнца или другие временные периоды.

Экранная светоловушка представляет собой белый полотняный экран с установленным рядом источником света (рис. 4.11). Насекомые, собираемые с экрана, фиксируются 75% этанолом или накалываются с помощью энтомологических булавок для формирования сухой коллекции. Шифр пробы: A-Ls, где A – adult (имаго), L – light trap (световая ловушка), s – screen (экран). Если указывается время экспозиции (например, с 22:30 до 01:00), то в шифре можно указать время: A-Ls+22:30-01:00.

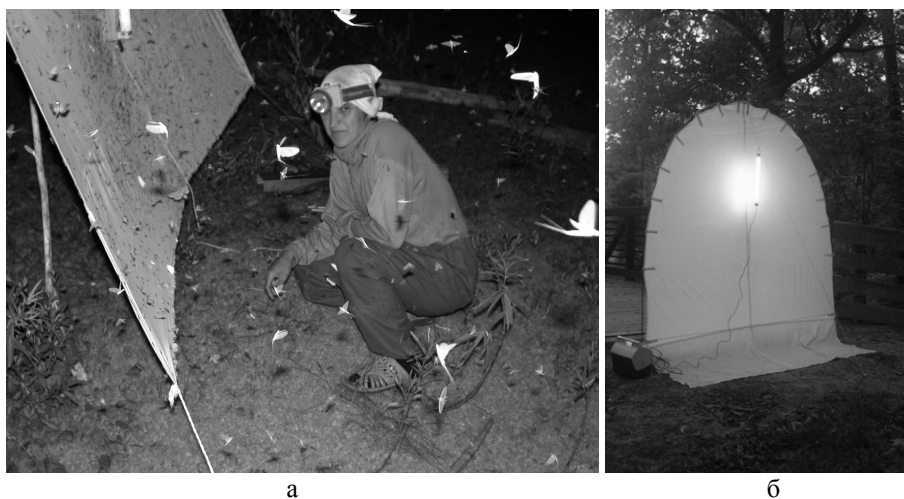


Рис. 4.11. Типы экранных светоловушек: а – экран крепится на прибрежные деревья; б – автономная светоловушка, не требующая закрепления

Спиртовая («сырая») светоловушка представляет собой белую кювету, заполненную 70–85% спиртом, которая устанавливается на берегу водоёма с расположенным рядом источником света (рис. 4.12). Шифр пробы: A-Le, где A – adult (имаго), L – light trap (световая ловушка), e – ethanol (фиксатор: этиловый спирт). Если указывается время экспозиции (например, ловушка устанавливается с 22:30 до 01:00), то в шифре можно указать время: A-Le+22:30-01:00.

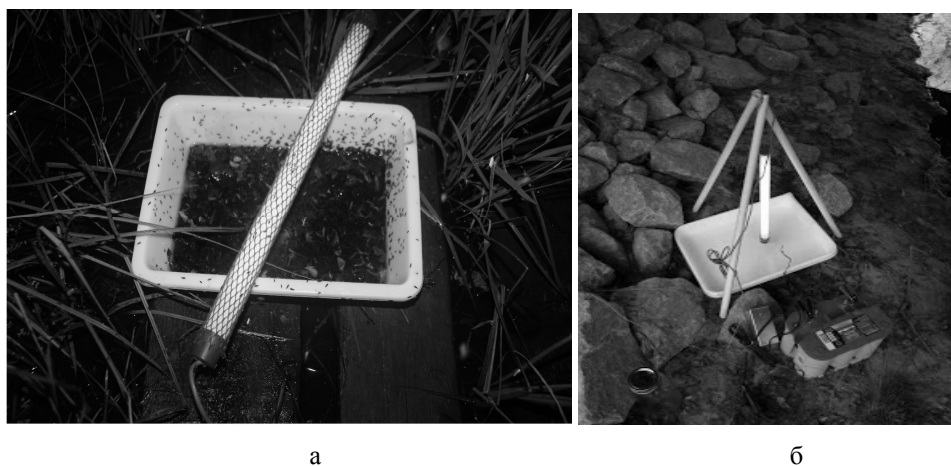


Рис. 4.12. Спиртовая («сырая») светоловушка (различные типы установок)

Ловушка Малеза (Malaise trap). Палаточная ловушка Малеза (рис. 4.13) – разновидность энтомологического оборудования, используемого для ловли летающих насекомых.



Рис. 4.13. Ловушка Малеза (модификация Таунса): а – общий вид, б – терминальная часть ловушки с ловчим стаканом

Преимуществом ловушки Малеза является её избирательность к поимке хорошо летающих насекомых с положительным фототаксисом. Основным её преимуществом перед ловлей энтомологическим сачком заключается в том, что она является постоянно действующей, может устанавливаться на несколько суток, и позволяют получать непосредственные количественные данные для последующих сравнительных исследований. Шифр пробы: A-Mt, где A – adult (имаго), Mt – Malaise trap. Можно указывать время экспозиции: A-Mt+24h (24h = длительность экспозиции в часах); на этикетке указывается дата и время начало и конца экспозиции.

Этикетирование материала в поле. Все пробы, бентосные и имагинальные, этикетируются сразу после их отбора, им присваивается полевой номер. Примеры полевых этикеток представлены на рис. 4.14, Шаблоны этикеток можно заготовить заранее, их следует распечатать на лазерном принтере – такие этикетки не испортятся от действия этанола и формалина. Однако рекомендуется продублировать полевой номер пробы и другую важную информацию (например, шифр пробы) на внешней стороне ёмкости, возможно, несмываемым маркером.

БЕНТОС		ИМАГО	
Номер пробы _____	Водоем _____	Номер пробы _____	Водоем _____
Населённый пункт _____	Станция (створ) _____	Населённый пункт _____	Станция (створ) _____
Глубина _____	Субстрат _____	Орудие лова _____	Время начала сбора _____
Элемент русла _____	Орудие лова _____		Время окончания _____
Шифр пробы _____	Кол-во повторностей _____	Дата _____	ФИО сборщика _____
Дата _____	ФИО сборщика _____	Примечание _____	Фиксатор _____
Примечание _____	Фиксатор _____	Название ОЭА/ Организация _____	
Название ОЭА/ Организация _____			

4.14. Формы этикеток для проб бентоса (А) и имагинальных (Б)

Правильно отобранный, зафиксированный и этикетированный материал не только может быть использован в практической работе при проведении экологических экспертиз, но и представлять ценность для более глубоких научных исследований.

4.6. Камеральная разборка бентосных и имагинальных проб

Пробы бентоса, отобранные как с однородных, так и разнородных субстратов, лучше всего анализировать в лабораторных (камеральных) условиях. Этот процесс включает: а) разделение пробы на несколько субпроб; б) сортировку организмов на группы; в) определение организмов.

Процедура работы с пробами в лаборатории состоит из следующих этапов:

1. *Регистрация проб* в специальном Журнале регистрации проб.

2. *Присвоение коллекционного номера*. Каждой пробе должен быть присвоен индивидуальный коллекционный номер, которому соответствует номер индивидуальной разборочной карточки.

Примечание: Коллекционные номера рекомендуется присваивать пробам до сортировки проб, отмечать эти номера в полевом дневнике и полевых картах; а также отмечать в Журнале регистрации проб.

Таким образом, после регистрации проб в лаборатории у пробы будет 2 номера: *коллекционный* (уникальный, не повторяющийся), который после сортировки ставится в начале коллекционной этикетки, и *полевой* номер. Полевая нумерация проб обычно начинается заново в каждом полевом сезоне, поэтому полевые номера могут повторяться от года к году.

2.1. По традициям дальневосточной российской школы *количественным* пробам присваиваются номера, начинающиеся с ноля: **01, 02...0100** и т.д., на карточках они проставляются синим цветом.

2.2. *Условно количественным, качественным бентосным и имагинальным* пробам присваиваются обычные порядковые номера, которые на разборочных карточках отмечаются красным цветом: **1, 2, 3..., 100** и т.д.

3. *Занесение информации о пробе в разборочные карточки до сортировки пробы*. Разборочные карточки, соответственно пронумерованные с самого начала работы, хранятся в определённом месте и начинают заполняться перед разборкой (сортировкой) проб. Разборочные карточки, соответствующие пробе с уже присвоенным коллекционным номером, можно заполнять до сортировки проб, в этом случае вносится только общая информация о дате и месте сбора и т.д.

4. *Первичная разборка (сортировка проб) и занесение информации о выявленных группах организмов в разборочные карточки*. При первичной сортировке до крупных групп организмов информация заносится в лицевую часть карточки: записывается название таксономической группы и число организмов, соответствующее этой группе. Организмы сортируются по крупным таксономическим группам (например, олигохеты; ракообразные; веснянки; ручейники и т.д.). Каждая группа перекладывается в отдельные ёмкости и снабжается соответствующей *коллекционной этикеткой* (рис. 4.15).

Коллекционные этикетки обычно небольших размеров (примерно 3×2 см). В левом верхнем углу этикетки проставляется индивидуальный (уникальный) коллекционный номер, соответствующий номеру на разборочной карточке. Заполняются этикетки либо вручную – специальной ручкой со спиртоустойчивой жидкостью, либо с использованием пера и чёрной туши (также спиртоустойчивой и не растворяющейся в формалине). В последнее время всё чаще применяют этикетки, распечатанные на лазерном принтере мелким шрифтом (размер шрифта обычно 5).

011. Приморье. Окр. г. Владивостока, руч. Академический станция 1, перекат, проба 5 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повторности) Сб. Вишкова ТС, Крейман ЛЕ ОЛИГОХЕТЫ 5 экз.	011. Приморье. Окр. г. Владивостока, руч. Академический станция 1, перекат, проба 5 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повторности) Сб. Вишкова ТС, Крейман ЛЕ ГАММАРУСЫ 12 экз.	011. Приморье. Окр. г. Владивостока, руч. Академический станция 1, перекат, проба 5 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повторности) Сб. Вишкова ТС, Крейман ЛЕ ПОДЁНКИ 25 лич.	011. Приморье. Окр. г. Владивостока, руч. Академический станция 1, перекат, проба 5 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повторности) Сб. Вишкова ТС, Крейман ЛЕ ВЕСНЯНКИ 3 лич.	011. Приморье. Окр. г. Владивостока, руч. Академический станция 1, перекат, проба 5 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повторности) Сб. Вишкова ТС, Крейман ЛЕ РУЧЕЙНИКИ 5 лич.	011. Приморье. Окр. г. Владивостока, руч. Академический станция 1, перекат, проба 5 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повторности) Сб. Вишкова ТС, Крейман ЛЕ ХИРОНОМИДЫ 5 лич.	011. Приморье. Окр. г. Владивостока, руч. Академический станция 1, перекат, проба 5 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повторности) Сб. Вишкова ТС, Крейман ЛЕ ТИПУЛИДЫ 2 лич.
---	--	--	--	---	--	--

Рис. 4.15. Пример коллекционных этикеток (количественная проба)

При первичной разборке полевую этикетку, вынутую из ёмкости, высушивают и приклеивают или прикрепляют степлером к лицевой стороне разборочной карточки в соответствии с правилами контроля качества (QC, Quality Control).

5. *Вторичная разборка (сортировка) проб.* Вторичная сортировка – это определение беспозвоночных, по крайней мере, до уровня семейств и родов. Некоторые группы, например, олигохеты, двукрылые, невозможно определить до уровня семейств без специальной подготовки, приготовления препаратов и т.д. В этом случае они так и остаются не определенными во всех анализируемых пробах. Личинок беспозвоночных при определенной подготовке, опыте, наличии ваучерной коллекции можно определить до семейства даже без помощи специалистов. Определение до семейств особенно важно для расчёта биотических индексов, основанных на определении до уровня семейств, например, Family Biotic Index.

При невозможности определения до семейств, родов можно использовать подход по *определению морфотипов*, то есть сортировку организмов на группы по признакам морфологического сходства, по морфотипу. В этом случае морфотипы нумеруют или ставят определенный шифр, например: «морфотип 1» или «морфотип Z», а наиболее характерный экземпляр зарисовывают или фотографируют. Эту информацию можно отправить специалистам для дальнейшего определения. После того как морфотипы выделены, определения произведены, можно проводить подсчёты групп, их ранжирование по количественным показателям и сравнение между пробами.

6. *Детальное определение организмов.* Это определение до уровня родов и видов. Обычно оно под силу только специалистам, хотя некоторые характерные виды удастся определять и неспециалистам при наличии хороших определителей или ваучерной коллекции. Детальное определение помогает более точно разобраться в структуре сообществ и тенденциях их изменений, а также использовать полный набор рекомендуемых биотических индексов, показателей, метрик.

При необходимости точных определений следует обратиться к региональным специалистам-систематикам в академические институты или университеты. В Восточной России к подобным учреждениям, где работает большая группа специалистов-систематиков по разным группам водных беспозвоночных, относят Лабораторию пресноводной гидробиологии и Международный центр экологического мониторинга ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Если ваши пробы собраны достаточно аккуратно, соответственно этикетированы и сохранены, они могут представлять интерес для специалистов, заинтересованных в получении материала из новых регионов. Вообще при организации мониторинговых исследований на различных этапах его проведения и при формировании окончательного заключения настоятельно реко-

мендуем обращаться к специалистам-гидробиологам, которые помогут в проведении исследования и в анализе полученных результатов¹.

7. Подготовка материала к анализу.

7.1. Определение численности организмов, их доли, плотности (в количественных пробах, экз/м²)

а) подсчёт организмов в полевых условиях. При проведении экспресс-исследований быстрый подсчёт организмов можно проводить сразу же в момент отбора проб. Существуют несколько подходов: учёт только присутствия или отсутствия индикаторной группы; оценка обилия по балльной шкале (например, 5-балльной); учёт реального количества из 100 выбранных организмов (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Учёт организмов бентоса в полевых условиях

Группа организмов	Присутствие/отсутствие	5-балльная шкала	Реальное число из 100 выбранных организмов	Доля, %
НАСЕКОМЫЕ				
Подёнки	+	1	5	5
Веснянки	+	1	2	2
Ручейники	+	3	10	10
Стрекозы	+	1	3	3
Водные клопы	+	1	2	2
Двукрылые: хирономиды	+	5	25	25
Прочие двукрылые	+	1	2	2
РАКООБРАЗНЫЕ				
Изоподы	-	-	0	0
Гаммарусы	+	5	21	21
МОЛЛЮСКИ				
Двустворчатые	+	1	3	3
Брюхоногие	+	2	6	6
ПИЯВКИ	+	1	1	1
ОЛИГОХЕТЫ	+	4	20	20

После подсчёта организмы возвращают в водоём, перед этим рекомендуется фотографировать кювету с пробой для соблюдения процедуры контроля качества (QC);

б) подсчёт организмов в лаборатории. Для проведения более тщательных исследований рекомендуется разборка проб в лабораторных условиях. В этом случае при разборке подсчитывают реальное количество организмов в пробе, и это число записывается в коллекционные разборочные карточки.

¹ МЦЭМ ФНЦ Биоразнообразие ДВО РАН: e-mail: vshivkova@biosoil.ru, cleanwater@biosoil.ru; тел.: +7(423)2374615; моб. тел.: +7(924)2408457.

Существует подход, когда проба делится на несколько частей, одна часть пробы сохраняется в коллекции для контроля качества (QC), другая – идёт на сортировку.

В «Журнале регистрации проб» отмечаются все детали разборки проб.

7.2. Определение численности и биомассы организмов в количественных пробах. При работе с количественными пробами подсчитывается число организмов в каждой группе, а затем беспозвоночные взвешиваются на торсионных весах. После этого, зная площадь рамочного бентометра или площадь валунов (если использовался метод Шрёдера-Жадина), производят пересчёт организмов на квадратный метр. В разборочных карточках записывают как реальное число (N) и вес (B) организмов в пробе, так и эти значения в пересчёте на квадратный метр.

7.3. Ранжирование количественных показателей. После подсчета численности и взвешивания организмов списки водных беспозвоночных с количественными показателями ранжируют, помещая вверху списков таксоны с наиболее высокими показателями. По таким ранжированным спискам легко выявлять доминирующие таксоны, определять структуры донных сообществ. Ранжированные списки прилагают к разборочным карточкам или вносят в электронную базу.

7.4. Определение толерантной способности таксонов. Когда материал определён, таксоны ранжированы, следует приступить к оценке толерантных свойств выявленных таксонов. Существует несколько условных шкал толерантности:

- *трехбалльная шкала* – выделяет 3 категории организмов: 1 – живущие в чистой воде; 2 – в умеренно загрязнённой, 3 – в грязной. Цвета на экокарте соответственно: голубой, жёлтый, красный;

- *четырёхбалльная шкала* – выделяет 4 группы: 1 – живущие в чистой, незагрязненной воде (цвет маркировки голубой); 2 – выдерживают слабые загрязнения (цвет маркировки зелёный), 3 – выдерживают умеренные загрязнения (цвет маркировки жёлтый), 4 – могут жить в условиях значительных загрязнений (цвет маркировки красный). Четырёхбалльную шкалу с успехом используют в общественном мониторинге и по результатам общественной оценки составляют карты загрязнений. Соотнесение организмов к 3- и 4-балльной шкале можно провести самостоятельно, основываясь на собственном опыте (если он есть) или справочных данных, описывающих экологические предпочтения таксонов;

- *десятибалльная шкала* – при профессиональном подходе чувствительные свойства организмов учитывают более тонко, основываясь на *10-балльной шкале толерантности*. Соотнесение выявленных организмов к категориям шкалы толерантности проводится специалистами, имеющими большой опыт; ими же составляются специальные таблицы с указанием *толерантных значений организмов (Tolerance Value – TV)*. Очень чувствительные организмы будут иметь низкие значения TV от 0 до 3; те, кто способен выдерживать очень сильные загрязнения, имеют значения TV в пределах 7–10 баллов; остальные занимают промежуточное положение, следуя грациям шкалы.

7.5. Определение принадлежности организмов к определённым функционально-трофическим группировкам. Для определения трофической структуры донных сообществ используют таблицу-список водных беспозвоночных с указанием принад-

лежности к определенной функционально-трофической группировке (прил. Г). Для каждой индикаторной группы в этой таблице находят соответствующую категорию, рассчитывают долю в % и составляют ранжированный список, выражают соотношение групп графически в виде цикло- или гистограмм.

8. Электронные карточки. Базы данных.

После обработки материала (его регистрации, сортировки, определения организмов, количественных показателей (подсчёта численности и взвешивания организмов, а также составления ранжированных списков) информацию заносят в электронные карточки и базу данных. Затем можно приступить к аналитической части исследования – определению метрик, расчёту биотических индексов и оценке качества воды в исследуемых водных объектах на базе полученных метрик или рассчитанных индексов.

Контрольные вопросы

1. Какие общие требования предъявляются к отбору проб воды водоемов?
2. Какие требования предъявляют к отбору проб воды из поверхностных источников на химический анализ?
3. Какие требования предъявляют к отбору проб воды из поверхностных источников на микробиологический анализ?
4. Какие требования предъявляют к отбору водорослей и макрозообентоса?

Глава 5. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРЕСНЫХ ВОД

При определении степени экологического неблагополучия водоёмов оцениваются два основных фактора: а) опасное для здоровья людей снижение качества питьевой воды и санитарно-эпидемиологическое загрязнение водных объектов рекреационного назначения; б) создание угрозы деградации или нарушения функций воспроизводства основных биотических компонентов естественных водных экологических систем.

Оценку качества воды в водоёме, как уже говорилось, можно проводить химическими, микробиологическими (бактериологическими) и биологическими методами. Наилучшие результаты дает совместное применение всех трех методов.

Для обнаружения первых признаков хозяйственно-фекального загрязнения наиболее чувствительным является бактериологический метод. Он может улавливать изменения, происходящие, например, при разовом посещении купающимися водоёма, когда ни биологический, ни химический методы не могут зарегистрировать признаки загрязнения. Но бактерии и грибы имеют очень короткий жизненный цикл, поэтому характеризуют короткий отрезок времени. Простейших в качестве биоиндикатора следует использовать при сильном бактериальном загрязнении и при контроле за эффективностью биологической очистки по составу населения активного ила.

Водорослям принадлежит ведущая роль в индикации качества вод в результате эвтрофирования водоемов.

Беспозвоночных животных можно использовать для оценки степени загрязнения водоемов как бытовыми, так и промышленными сточными водами, особенно при продолжительных или хронических загрязнениях.

5.1. Оценка качества вод по химическим показателям

Условия обитания гидробионтов оцениваются при помощи гидрохимических показателей. Вещества, встречающиеся в водоемах, можно разделить на простые и сложные, органические и неорганические, трудно- и легкоминерализуемые. Вещества по своему происхождению могут быть *природными* и *антропогенными*; *аллохтонными* – привносимыми извне (сточные воды, поверхностный сток) и *автохтонными* – образующимися в самом водоёме. Наиболее важными показателями экологического состояния водоёмов являются следующие:

Водородный показатель рН. В питьевой воде допускается рН 6,0–9,0; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 6,5–8,5. Величина рН природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонат-анионов и свободного CO_2 . Пониженное значение рН характерно для болотных вод за счет повышенного содержания гуминовых и других природных кислот. Измерение рН при контроле качества природной и питьевой воды проводится практически повсеместно. При сбросе промышленных сточных вод этот показатель может заметно отклоняться от нормы.

Растворённый кислород. Обязательный показатель при гидрохимическом исследовании – содержание кислорода, влияющее на водных обитателей. Содержание кислорода зависит от температуры, давления, абсорбции его из атмосферы, процессов фотосинтеза, степени перемешивания водных масс, содержания органических веществ (деструкция органических веществ сопровождается

потреблением кислорода, поэтому его содержание является косвенным показателем содержания органических веществ (ОВ)). Чтобы исключить влияние температуры, делают пересчёт и определяют процентное содержание кислорода.

Растворённый кислород находится в природной воде в виде молекул O_2 . В поверхностных водах содержание растворённого кислорода варьирует в широких пределах – от 0 до 14 мг/дм³ и подвержено сезонным и суточным колебаниям. В загрязнённых водах наблюдается дефицит растворённого кислорода (табл. 5.1). ПДК для водоёмов питьевого и санитарного водопользования не должно быть ниже 4 мг/дм³ в любой период года в пробах, отобранных до 12 часов дня.

Таблица 5.1

Содержание кислорода в водоёмах с различной степенью загрязнённости

Уровень загрязнённости воды и класс качества	Растворённый кислород (мг/дм ³)		
	лето	зима	% насыщения
Очень чистые (I)	9	14–13	95
Чистые (II)	8	12–11	80
Умеренно загрязнённые (III)	7–6	10–9	70
Загрязнённые (IV)	5–4	5–4	60
Грязные (V)	3–2	5–1	30
Очень грязные (VI)	0	0	0

Показатели ХПК, БПК₅ и ПО. Перманганатная окисляемость (ПО), бихроматная (ХПК) и БПК₅ (мг O_2 /л) – величины, характеризующие содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных окислителей при определенных условиях. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость, чем подземные. Горные реки и озера характеризуются окисляемостью 2–3 мг O_2 /л, равнинные реки – 5–12, реки с болотным питанием – десятками миллиграммов на 1 дм³. Окисляемость незагрязнённых поверхностных вод отражает отчётливую физико-географическую зональность: в высокогорьях – очень малая (0–2), в горных районах – малая (2–5), в зонах широколиственных лесов, степи, полупустынях и пустынях, а также в тундре – средняя (5–10), в северной и южной тайге – повышенная (15–20 мг O_2 /л). В водоёмах и водотоках, подверженных сильному антропогенному воздействию, изменение окисляемости служит характеристикой, отражающей режим поступления сточных вод. Для природных малозагрязнённых вод рекомендовано определять *перманганатную окисляемость*, в более загрязнённых – *бихроматную окисляемость* (ХПК). Определение органических веществ по химическому потреблению кислорода (ХПК), биохимическому потреблению кислорода (БПК₅) и перманганатной окисляемости (ПО) основано на том, что о содержании ОВ судят по количеству кислорода, израсходованному на его окисление.

Перманганатная окисляемость (ПО) – метод перманганатной окисляемости основан на том, что о содержании ОВ судят по количеству кислорода, израсходованному на его окисление. При этом в качестве окислителя выступает перманганат калия. Установлено, что лучше всего перманганатом окисляются природные вещества с ароматической структурой: гуминовые и фульвокислоты, посту-

торов выполняют микроорганизмы, проводящие свою работу в аэробных условиях. Степень загрязнения вод органическими соединениями определяют по количеству кислорода, необходимого для их окисления микроорганизмами в аэробных условиях. БПК₅ – это биохимическая окисляемость за 5 суток. В поверхностных водах БПК₅ изменяется в пределах 0,5–4 мг О₂/л и подвергается сезонным и суточным колебаниям. В чистых водоёмах значения БПК ниже, чем в загрязнённых. Для источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (ГОСТ 2761-84) и водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях, БПК_{полн} не должно превышать 3 мг О₂/л, для водоемов культурно-бытового водопользования – 6 мг О₂/л. Предельно-допустимые значения БПК₅ для тех же водоёмов равны 2 мг/л и 4 мг/л соответственно. ПДК для БПК₅ для водоёмов питьевого и хозяйственно-бытового назначения – не более 2 мг О₂/л, для водоемов рекреационного назначения – 4 мг О₂/л (табл. 5.4).

Таблица 5.4

**Характеристика вод по БПК₅ в водоемах
с различной степенью загрязнённости**

Степень загрязнённости (классы чистоты воды)	БПК ₅ (мг О ₂ /л)	Цветовая кодировка
Очень чистые	0,5–1,0	белый
Чистые	1,1–1,9	голубой
Умеренно загрязнённые	2,0–2,9	зеленый
Загрязнённые	3,0–3,9	желтый
Грязные	4,0–10,0	красный
Очень грязные	Более 10,0	черный

При определении БПК₅ (температура воды 20°C, pH=6-8, обеспечен достаточный доступ кислорода к пробе воды) окисляется примерно 70% легкоокисляющихся органических веществ, за 10–20 сут – соответственно 90 и 99% (как правило, но не всегда). Поэтому при определении БПК_{полн} имеют в виду, что процесс окисления длится 15–20, в редких случаях – до 35 сут.

Взвешенные твёрдые примеси присутствуют в природных водах в виде частиц глины, песка, ила, суспендированных органических и неорганических веществ, планктона и различных микроорганизмов. Взвешенные частицы влияют на прозрачность воды. Содержание в воде взвешенных примесей, измеряемое в мг/л, дает представление о загрязнённости воды частицами в основном условным диаметром более $1 \cdot 10^{-4}$ мм (табл. 5.5). При содержании в воде взвешенных веществ менее 2–3 мг/л или больше указанных значений с условным диаметром частиц меньше $1 \cdot 10^{-4}$ мм определение загрязнённости воды производят косвенно по мутности воды. Для водных беспозвоночных большая концентрация взвешенных частиц в водном потоке может представлять даже большую опасность, чем токсические вещества, так как они способны забивать жабры и негативно влиять на процессы дыхания гидробионтов.

Таблица 5.5

Характеристика вод по содержанию взвешенных примесей

Размер частиц (приблизительный), мм	Гидравлическая крупность (скорость осаждения в лабораторном цилиндре в течение 2 ч), мм/с	Примесь (условно)	Время осаждения частиц на 1 м
1,0	100	Крупный песок	10 с
0,5	53	Средний песок	20 с
0,1	6,9	Мелкий песок	2,5 мин
0,050–0,027	1,7–0,5	Крупный ил	10–30 мин
0,010–0,005	0,070–0,017	Мелкий ил	4–18 ч
0,0027	0,005	Крупная глина	2 сут.
0,0010–0,0005	0,00070–0,00017	Тонкая глина	0,5–2 мес.
0,0002–0,000001	0,000007	Коллоидные частицы	4 года

Мутность вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Качественное определение проводят описательно: мутность не заметна (отсутствует), слабая опалесценция, опалесценция, слабомутная, мутная и сильная муть. В России мутность чаще всего измеряют в нефелометрических единицах мутности НЕФ (NTU) для небольших значений в пределах 0–40 НЕФ (NTU), например, для питьевой воды. В условиях большой мутности обычно применяется измерение единиц мутности по формазину (ЕМФ). Пределы измерений – 40–400 ЕМФ. Индикатор по НЕФ (NTU) – рассеивание излучения, по ЕМФ – ослабление потока излучения.

Прозрачность. Наряду с мутностью, особенно в случаях, когда вода имеет незначительные окраску и мутность и их определение затруднительно, пользуются показателем «прозрачность». Мера прозрачности – высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в воду белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (шрифт Снеллена). Результаты выражаются в сантиметрах (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Характеристика вод по прозрачности

Прозрачность	Единица измерения, см
Прозрачная	Более 30
Маломутная	Более 25 до 30
Средняя мутность	Более 20 до 25
Мутная	Более 10 до 20
Очень мутная	Менее 10

Минеральный состав. Ряд показателей качества воды так или иначе связан с определением концентрации растворенных в воде различных минеральных веществ. Содержащиеся в воде минеральные соли вносят разный вклад в общее солесодержание, которое может быть рассчитано суммированием концентраций каждой из солей. Пресной считается вода, имеющая общее солесодержание не более 1 г/л. *Минерализация* – суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ. Большинство рек имеет минерализацию от нескольких десятков миллиграммов в литре до нескольких сотен. Их удельная электропроводимость варьирует от 30 до 1500 мкСм/см (микроСименс на 1 см).

Выделяют две группы минеральных солей, обычно встречающихся в природных водах. Как видно из табл. 5.7, основной вклад в минеральный состав вносят соли 1-й группы (так называемые «главные ионы»), которые определяют в первую очередь. К ним относятся хлориды, карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты. Соответствующими катионами для названных анионов являются калий, натрий, кальций, магний. Соли 2-й группы также необходимо учитывать при оценке качества воды, т.к. на каждую из них установлено значение ПДК, хотя они вносят незначительный вклад в солесодержание природных вод.

Таблица 5.7

Основные компоненты минерального состава воды и значения ПДК

Компонент минерального состава воды	Предельно-допустимая концентрация (ПДК)
ГРУППА 1	
1. Катионы	
Кальций (Ca^{2+})	200 мг/л
Натрий (Na^{+})	200 мг/л
Магний (Mg^{2+})	100 мг/л
2. Анионы	
Гидрокарбонат (HCO_3^{-})	1000 мг/л
Сульфат (SO_4^{2-})	500 мг/л
Хлорид (Cl^{-})	350 мг/л
Карбонат (CO_3^{2-})	100 мг/л
ГРУППА 2	
1. Катионы	
Аммоний (NH_4^{+})	2,5 мг/л
Тяжелые металлы (сумма)	0,001 ммоль/л
Железо общее (сумма Fe^{2+} и Fe^{3+})	0,3 мг/л
2. Анионы	
Нитрат (NO_3^{-})	45 мг/л
Ортофосфат (PO_4^{3-})	3,5 мг/л
Нитрит (NO_2^{-})	0,1 мг/л

Жесткость обуславливается наличием в воде ионов кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), стронция (Sr^{2+}), бария (Ba^{2+}), железа (Fe^{3+}), марганца (Mn^{2+}). В России жесткость воды выражают в ммоль/л. Общее содержание в природных водах ионов кальция и магния несравнимо больше содержания всех других перечисленных ионов и даже их суммы. Поэтому под жесткостью понимают сумму количеств ионов кальция и магния – общая жесткость, складывающаяся из значений карбонатной (временной, устраняемой кипячением) и некарбонатной (постоянной) жесткости. Первая вызвана присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая – наличием сульфатов, хлоридов, силикатов, нитратов и фосфатов этих металлов. Однако при значении жесткости воды более 9 ммоль/л нужно учитывать содержание в воде стронция и других щелочноземельных металлов. По стандарту ИСО 6107-1-8:1996, включающему более 500 терминов, жесткость определяется как способность воды образовывать пену с мылом. В жесткой воде обычное натриевое мыло превращается (в присутствии ионов кальция) в нерастворимое «кальциевое мыло», образующее бесполезные хлопья. И, пока таким способом не устранится вся кальциевая жесткость воды, образование пены не начнется. На 1 ммоль/л жесткости воды для такого умягчения воды теоретически затрачивается 305 мг мыла, практически – до 530. Международные своды нормативов качества воды не нормируют жесткость воды, а лишь содержание в воде ионов кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}): нормы качества питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Европейского союза (ЕС), стандарты ИСО, а также Национальные нормы питьевой воды США.

Допустимая величина общей жесткости для питьевой воды и источников централизованного водоснабжения составляет не более 7 мг-экв/л (в отдельных случаях – до 10 мг-экв/л) (табл. 5.8). Лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Таблица 5.8

Категории воды по степени жёсткости

Группа воды	Единица измерения, ммоль/л
Очень мягкая	До 1,5
Мягкая	Более 1,5 до 4,0
Средняя жесткость	Более 4 до 8
Жесткая	Более 8 до 12
Очень жёсткая	Более 12

Щелочностью воды называется суммарная концентрация содержащихся в воде анионов слабых кислот и гидроксильных ионов (выражена в ммоль/л), вступающих в реакцию при лабораторных исследованиях с соляной или серной кислотами с образованием хлористых или сернокислых солей щелочных и щелочноземельных металлов. Различают следующие формы щелочности воды: *бикарбонатная* (гидрокарбонатная), *карбонатная*, *гидратная*, *фосфатная*, *силикатная*, *гуматная* – в зависимости от анионов слабых кислот, которыми обуславливается щелочность. Щелочность природных вод, pH которых обычно <8,35, зависит от присутствия в воде бикарбонатов, карбонатов, иногда и гуматов.

Сухой остаток характеризует содержание в воде нелетучих растворенных веществ (главным образом минеральных) и органических веществ, температура кипения которых превышает 105–110°C. Величину сухого остатка можно найти расчетным методом. При этом следует суммировать полученные в результате анализов концентрации растворенных в воде минеральных солей, а также органических веществ (гидрокарбонат суммируется в количестве 50%). Для питьевой и природной воды величина сухого остатка практически равна сумме массовых концентраций анионов (карбоната, гидрокарбоната, хлорида, сульфата) и катионов (кальция и магния, а также определяемых расчетным методом натрия и калия). Величина сухого остатка для поверхностных вод водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования не должна превышать 1000 мг/л (в отдельных случаях допускается до 1500 мг/л).

Общий органический углерод. Содержание общего органического углерода (ООУ, по зарубежным источникам – ТОС, Total Organic Carbon) – достаточно надежный показатель содержания в воде ОВ, в среднем он численно равен 50% массы ОВ. В природных поверхностных водах значения органического углерода могут колебаться от 1 до 20 и даже до нескольких сотен мг/л (в болотистых водах).

Фтор (фториды) – содержится в природных и грунтовых водах, что обусловлено его присутствием в составе некоторых почвообразующих (материнских) пород и минералов. Этот элемент может добавляться в питьевую воду в целях профилактики заболеваний кариесом. Однако избыточные количества фтора оказывают вредное воздействие на человека, вызывают разрушение зубной эмали. Кроме того, избыток фтора в организме осаждает кальций, что приводит к нарушениям кальциевого и фосфорного обмена. По этим причинам определение фтора в питьевой воде, а также грунтовых водах (например, воде колодцев и артезианских скважин) и воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения весьма актуально: ПДК фтора в питьевой воде для разных климатических районов составляет от 0,7 до 1,5 мг/л, лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический.

Активный хлор – может существовать в воде не только в составе хлоридов, но и в составе других соединений, обладающих сильными окислительными свойствами. К таким соединениям хлора относятся свободный хлор (Cl_2), гипохлорит-анион (ClO^-), хлорноватистая кислота (HClO), хлорамины (вещества, при растворении в воде которых образуются монохлорамин NH_2Cl , дихлорамин NHCl_2 , трихлорамин NCl_3). Суммарное содержание этих соединений называют термином «активный хлор». Содержащие активный хлор вещества подразделяют на две группы: 1) сильные окислители – хлор, гипохлориты и хлорноватистая кислота – содержат так называемый «свободный активный хлор», 2) относительно менее слабые окислители – хлорамины – «связанный активный хлор». Благодаря сильным окислительным свойствам соединения, имеющие активный хлор, используются для обеззараживания (дезинфекции) питьевой воды и воды в бассейнах, а также для химической очистки сточных вод. Кроме того, содержащие активный хлор соединения (например, хлорная известь) широко используются для ликвидации очагов распространения инфекционных загрязнений. Для дезинфекции питьевой воды часто используется свободный хлор. В природной воде содержание активного хлора не допускается; в питьевой воде его содержание установлено в пересчете на хлор на уровне 0,3–0,5 мг/л в свободном виде и на уровне 0,8–1,2 мг/л – в связанном виде (в данном случае приведен диапазон

концентраций активного хлора, т.к. при меньших его концентрациях возможна неблагоприятная ситуация по микробиологическим показателям, а при больших – превышение непосредственно по активному хлору.). Активный хлор в указанных концентрациях присутствует в питьевой воде непродолжительное время (не более нескольких десятков минут) и полностью удаляется даже при кратковременном кипячении воды. По этой причине анализ отобранной пробы на содержание активного хлора следует проводить немедленно. Интерес к контролю содержания хлора в воде, особенно в питьевой, возрос после осознания того факта, что хлорирование воды приводит к образованию заметных количеств хлоруглеводородов, вредных для здоровья населения. Особую опасность представляет хлорирование питьевой воды, загрязненной фенолом. ПДК для фенолов в питьевой воде при отсутствии хлорирования питьевой воды установлено 0,1 мг/л, а в условиях хлорирования (при этом образуются гораздо более токсичные и имеющие резкий характерный запах хлорфенолы) – 0,001 мг/л. Лимитирующий показатель вредности для активного хлора – общесанитарный.

Железо общее – один из самых 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. В малых концентрациях железо всегда встречается практически во всех природных водах (до 1 мг/л при ПДК на сумму железа 0,3 мг/л), особенно в сточных. В последние железо может попадать из отходов (сточных вод) травильных и гальванических цехов, участков подготовки металлических поверхностей, стоков при крашении тканей и др. Железо находится в воде в двух формах – взвешенной и растворимой (II, III). При проведении химического анализа воды целесообразно определять суммарное железо «общее железо». ПДК общего железа в воде водоемов составляет 0,3 мг/л, лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Тяжелые металлы. Тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий, медь, кобальт и др.) – важные показатели загрязнения водных объектов. Их соединения обладают токсичным действием, а некоторые из них способны накапливаться в организмах и передаваться по цепям питания. Тяжелые металлы, попадая в воду, могут существовать в виде растворимых токсичных солей и комплексных соединений (иногда очень устойчивых), коллоидных частиц, осадков (свободных металлов, оксидов, гидроксидов и др.). Главными источниками загрязнения воды тяжелыми металлами являются гальванические производства, предприятия горнорудной, черной и цветной металлургии, машиностроительные заводы и др. Тяжелые металлы в водоеме вызывают целый ряд негативных последствий: попадая в пищевые цепи и нарушая элементный состав биологических тканей, они оказывают тем самым прямое или косвенное токсическое воздействие на водные организмы. Тяжелые металлы по пищевым цепям попадают в организм человека. По характеру биологического воздействия тяжелые металлы подразделяются на *токсичные* и *биофильные*, имеющие принципиально различный характер влияния на живые организмы. Токсичные оказывают отрицательное воздействие на организмы при любой концентрации, в то время как биофильные имеют область недостаточности, вызывающей отрицательный эффект, и область необходимых для жизни концентраций, при превышении которых снова возникает отрицательный эффект. Типичными токсикантами являются кадмий, свинец, ртуть; биофильными микроэлементами – марганец, медь, кобальт.

Медь – микроэлемент, содержащийся в организме человека, главным образом, в виде комплексных органических соединений и играющий важную роль в процессах кроветворения. Во вредном воздействии избытка меди решающую роль играет реакция катионов Cu^{2+} с SH-группами ферментов. Изменения содержания меди в сыворотке и коже обуславливают явления депигментации кожи (витилиго). Отравление соединениями меди могут приводить к расстройствам нервной системы, нарушению функций печени и почек и др. ПДК меди в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения составляет 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности – органолептический.

Цинк – микроэлемент, входящий в состав некоторых ферментов, содержится в крови, мягких тканях, костях, волосах. Находится в организме в динамическом равновесии, которое сдвигается в условиях повышенных концентраций в окружающей среде. Отрицательное воздействие соединений цинка может выражаться в ослаблении организма, повышенной заболеваемости, астмоподобных явлениях и др. ПДК цинка в воде водоемов составляет 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности – общесанитарный.

Кадмий – соединения кадмия очень ядовиты. Действуют на многие системы организма – органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, центральную и периферическую нервные системы. Механизм действия соединений кадмия заключается в угнетении активности ряда ферментов, нарушении фосфорно-кальциевого обмена, нарушении метаболизма микроэлементов (Zn, Cu, Fe, Mn, Se). ПДК кадмия в воде водоемов составляет 0,001 мг/л, лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический.

Ртуть – ультрамикроэлемент, постоянно присутствующий в организме, поступает с пищей. Неорганические соединения ртути (в первую очередь, катионы Hg) реагируют с SH-группами белков («тиоловые яды»), а также с карбоксильными и аминными группами тканевых белков, образуя прочные комплексные соединения – металлопротеиды. В результате возникают глубокие нарушения функций центральной нервной системы, особенно высших ее отделов. Из органических соединений ртути наиболее токсичной является метилртуть, которая хорошо растворима в липидных тканях и быстро проникает в жизненно важные органы, в том числе в мозг, что провоцирует изменения в вегетативной нервной системе, периферических нервных образованиях, в сердце, сосудах, кроветворных органах, печени и др., нарушения в иммунобиологическом состоянии организма. Соединения ртути обладают также эмбриотоксическим действием (поражает плод у беременных). ПДК ртути в воде водоемов составляет 0,0005 мг/л, лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический.

Свинец – яд, действующий на все живое, вызывает изменения особенно в нервной системе, крови и сосудах, подавляет многие ферментативные процессы, обладает эмбриотоксическим и тератогенным действием, приводит к энцефалопатии и поражениям печени, угнетает иммунитет. Органические соединения свинца (тетраметилсвинец, тетраэтилсвинец) – сильные нервные яды, летучие жидкости. Являются активными ингибиторами обменных процессов. Для всех соединений свинца характерно кумулятивное действие. Дети более восприимчивы к воздействию соединений свинца, чем взрослые. ПДК свинца в воде водоемов составляет 0,03 мг/л, лимитирующий показатель – санитарно-токсикологический. Ориентировочное предельно-допустимое значение содержания в водах суммы металлов составляет 0,001 ммоль/л (ГОСТ 24902). Значения ПДК

для воды водоемов по отдельным металлам приведены ранее при описании их физиологического воздействия.

ПАВы. В качестве загрязнителей часто выступают ПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества, пестициды, нефтепродукты, фенолы. Это обширная группа соединений, различных по своей структуре, относящихся к разным классам. Они способны адсорбироваться на поверхности раздела фаз и понижать вследствие этого поверхностную энергию (поверхностное натяжение). В зависимости от свойств, проявляемых ПАВ при растворении в воде, их делят на анионоактивные вещества (активной частью является анион), катионоактивные (активной частью молекул является катион), амфолитные и неионогенные, которые совсем не ионизируются.

В водные объекты ПАВ поступают в значительных количествах с хозяйственно-бытовыми (использование синтетических моющих средств в быту) и промышленными сточными водами (текстильная, нефтяная, химическая промышленность, производство синтетических каучуков), а также со стоком с сельскохозяйственных угодий (в качестве эмульгаторов входят в состав инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и дефолиантов).

Главными факторами понижения их концентрации являются процессы биохимического окисления, сорбция взвешенными веществами и донными отложениями. Степень биохимического окисления ПАВ зависит от их химического строения и условий окружающей среды. По биохимической устойчивости, определяемой структурой молекул, ПАВ делят на мягкие, промежуточные и жесткие с константами скорости биохимического окисления, соответственно не менее $0,3 \text{ сутки}^{-1}$; $0,3\text{--}0,05 \text{ сутки}^{-1}$; менее $0,05 \text{ сутки}^{-1}$. К числу наиболее легко окисляющихся ПАВ относятся первичные и вторичные алкилсульфаты нормального строения. С увеличением разветвления цепи скорость окисления понижается, и наиболее трудно разрушаются алкилбензолсульфонаты, приготовленные на основе тетрамеров пропилена. При понижении температуры скорость окисления ПАВ уменьшается и при $0\text{--}5^\circ\text{C}$ протекает весьма медленно. Наиболее благоприятные для процесса самоочищения от ПАВ нейтральная или слабощелочная среды (рН 7–9).

С повышением содержания взвешенных веществ и значительным контактом водной массы с донными отложениями скорость снижения концентрации ПАВ в воде обычно повышается за счет сорбции и соосаждения. При значительном накоплении ПАВ в донных отложениях в аэробных условиях происходит его окисление микрофлорой донного ила. В случае анаэробных условий ПАВ могут накапливаться в донных отложениях и становиться источником вторичного загрязнения водоема.

Анионоактивные ПАВ в водном растворе ионизируются с образованием отрицательно заряженных органических ионов. Из анионоактивных СПАВ широкое применение нашли соли сернокислых эфиров (сульфаты) и соли сульфокислот (сульфонаты). Радикал R может быть алкильным, алкиларильным, алкилнафтильным, иметь двойные связи и функциональные группы.

Катионоактивные ПАВ – вещества, которые ионизируются в водном растворе с образованием положительно заряженных органических ионов. К ним относятся четвертичные аммониевые соли, состоящие из углеводородного радикала с прямой цепью, содержащей 12–18 атомов углерода; метильного, этильного или бензильного радикала; хлора, брома, иода или остатка метил- или этилсульфата.

Амфолитные ПАВ ионизируются в водном растворе различным образом в зависимости от условий среды: в кислом растворе проявляют катионоактивные свойства, а в щелочном – анионоактивные.

Неионогенные ПАВ представляют собой высокомолекулярные соединения, которые в водном растворе не образуют ионов.

ПАВ делятся на быстроразрушающиеся в окружающей среде и неразрушающиеся, способные накапливаться в организмах в недопустимых концентрациях. Один из основных негативных эффектов ПАВ в окружающей среде – понижение поверхностного натяжения. Например, в океане изменение поверхностного натяжения приводит к снижению показателя удерживания CO_2 и кислорода в массе воды. Только немногие ПАВ считаются безопасными (алкилполиглюкозиды), так как продуктами их деградации являются углеводы. Однако при адсорбировании ПАВ на поверхности частичек земли/песка степень/скорость их деградации снижаются многократно. Ввиду того, что все ПАВ, используемые в промышленности и домашнем хозяйстве, имеют положительную адсорбцию на частичках земли, песка, глины, при нормальных условиях они могут высвобождать (десорбировать) ионы тяжёлых металлов, удерживаемые этими частичками, тем самым повышая риск попадания данных веществ в организм человека.

Синтетические поверхностно-активные вещества, входящие в состав коммунальных и промышленных сточных вод, являются в настоящее время одним из наиболее приоритетных загрязнителей водной среды. Имеются сведения о токсикометрической характеристике этих соединений и влиянии их на физиолого-биохимические процессы в организмах гидробионтов, в том числе в ряду поколений.

Предельно-допустимые концентрации веществ (ПДК). После установления концентраций исследуемых химических веществ следует полученные результаты сравнить со стандартными *ПДК – предельно-допустимыми концентрациями* вещества в воде, при превышении которых вода не пригодна для одного или нескольких видов водопользования. В системе ГСН применяются ПДК для рыбохозяйственного водопользования.

Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации в отношении водных объектов основывается на регламентирующих документах, прописанных в ГН 2.1.5.689-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

В настоящее время ПДК определены далеко не для всех вредных веществ, сбрасываемых в водоемы, что объясняется длительностью и большими трудностями в их определении. Трудность определения ПДК связана с тем, что кроме санитарного, её величина имеет и большое экономическое значение, так как неоправданное занижение ПДК может привести к большим затратам на очистку воды. Сброс в водоемы новых веществ, ПДК которых не определена, запрещен.

Для сточных вод величины ПДК не нормируются, так что необходимая степень их очистки определяется только по состоянию водоема после сброса в него сточных вод. При этом содержание вредных веществ должно соответствовать санитарным нормам в водоемах для питьевого и культурно-бытового водопользования в створе, расположенном на 1 км выше ближайшего по течению пункта

водопользования, а на непроточных водоемах – на расстоянии 1 км по обе стороны от пункта водопользования.

В международных регламентирующих документах стандарты ПДК могут отличаться от российских. В таблице 5.9 приведены показатели, характеризующие предельные концентрации основных неорганических веществ, влияющих на качество питьевой воды. За основу был взят перечень, приведенный в СанПиН 2.1.4.559-96 (как наиболее полный). Этот список был дополнен несколькими важными неорганическими элементами, не нормируемыми в России (по крайней мере, напрямую), но играющими большую роль при водоподготовительных мероприятиях. Прочерк означает, что данный параметр не нормируется.

Таблица 5.9

**Требования к качеству питьевой воды по химическим показателям
(по СанПин 2.1.4.1074-01)**

Показатели	СанПиН 2.1.4.1074-01			ВОЗ	USEPA	ЕС
	Норм. ПДК, не более	Показ. вредн.	Класс опасн.			
Водородный показатель (ед. pH)	в пределах 6-9	-	-	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Общ. минерализация (сухой остаток) (мг/л)	1000 (1500)	-	-	1000	500	1500
Жесткость общ. (мг-экв/л)	7,0 (10)	-	-	-	-	1,2
Окисляемость перманганатная (мг O ₂ /л)	5,0	-	-	-	-	5,0
Нефтепродукты, суммарно (мг/л)	0,1	-	-	-	-	-
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионо-активные (мг/л)	0,5	-	-	-	-	-
Фенольный индекс (мг/л)	0,25	-	-	-	-	-
Щелочность (мг HCO ₃ ⁻ /л)	-	-	-	-	-	30
Неорганические вещества						
Алюминий (Al ³⁺) (мг/л)	0,5	с.-т.	2	0,2	0,2	0,2
Азот аммонийный (мг/л)	2,0	с.-т.	3	1,5	-	0,5
Асбест (милл. волокон/л)	-	-	-	-	7,0	-
Барий (Ba ²⁺) (мг/л)	0,1	с.-т.	2	0,7	2,0	0,1
Бериллий (Be ²⁺) (мг/л)	0,0002	с.-т.	1	-	0,004	-
Бор (В, суммарно) (мг/л)	0,5	с.-т.	2	0,3	-	1,0
Ванадий (V) (мг/л)	0,1	с.-т.	3	0,1	-	-

Продолжение табл. 5.9

Показатели	СанПиН 2.1.4.1074-01			ВОЗ	USEPA	ЕС
	Норм. ПДК, не более	Показ. вредн.	Класс опасн.			
Висмут (Bi) (мг/л)	0,1	с.-т.	2	0,1	-	-
Железо (Fe, суммарно) (мг/л)	0,3 (1,0)	орг.	3	0,3	0,3	0,2
Кадмий (Cd, суммарно) (мг/л)	0,001	с.-т.	2	0,003	0,005	0,005
Калий (K ⁺) (мг/л)	-	-	-	-	-	12,0
Кальций (Ca ²⁺) (мг/л)	-	-	-	-	-	100,0
Кобальт (Co) (мг/л)	0,1	с.-т.	2	-	-	-
Кремний (Si) (мг/л)	10,0	с.-т.	2	-	-	-
Магний (Mg ²⁺) (мг/л)	-	с.-т.	-	-	-	50,0
Марганец (Mn, суммарно) (мг/л)	0,1 (0,5)	орг.	3	0,5 (0,1)	0,05	0,05
Медь (Cu, суммарно) (мг/л)	1,0	орг.	3	2,0 (1,0)	1,0-1,3	2,0
Молибден (Mo, суммарно) (мг/л)	0,25	с.-т.	2	0,07	-	-
Мышьяк (As, суммарно) (мг/л)	0,05	с.-т.	2	0,01	0,05	0,01
Никель (Ni, суммарно) (мг/л)	0,1	с.-т.	3	-	-	-
Нитраты (поNO ₃ ⁻) (мг/л)	45	с.-т.	3	50,0	44,0	50,0
Нитриты (поNO ₂ ⁻) (мг/л)	3,0	-	2	3,0	3,5	0,5
Ртуть (Hg, суммарно) (мг/л)	0,0005	с.-т.	1	0,001	0,002	0,001
Свинец (Pb, суммарно) (мг/л)	0,03	с.-т.	2	0,01	0,015	0,01
Селен (Se, суммарно) (мг/л)	0,01	с.-т.	2	0,01	0,05	0,01
Серебро (Ag ⁺) (мг/л)	0,05	-	2	-	0,1	0,01
Сероводород (H ₂ S) (мг/л)	0,03	орг.	4	0,05	-	-
Стронций (Sr ²⁺) (мг/л)	7,0	орг.	2	-	-	-
Сульфаты (SO ₄ ²⁻) (мг/л)	500	орг.	4	250,0	250,0	250,0
Фториды (F) для климатических районов I и II (мг/л)	1,5 1,2	с.-т. с.-т.	22	1,5	2,0-4,0	1,5

Окончание табл. 5.9

Показатели	СанПиН 2.1.4.1074-01			ВОЗ	USEPA	ЕС
	Норм. ПДК, не более	Показ. вредн.	Класс опасн.			
Хлориды (Cl^-) (мг/л)	350	орг.	4	250,0	250,0	250,0
Хром (Cr^{3+}) (мг/л)	0,5	с.-т.	3	-	0,1 (все-го)	-
Хром (Cr^{6+}) (мг/л)	0,05	с.-т.	3	0,05		0,05
Цианиды (CN^-) (мг/л)	0,035	с.-т.	2	0,07	0,2	0,05
Цинк (Zn^{2+}) (мг/л)	5,0	орг.	3	3,0	5,0	5,0

Примечание: с.-т. – санитарно-токсикологический; орг. – органолептический. Величина, указанная в скобках, во всех таблицах может быть установлена по указанию главного государственного санитарного врача.

Нормативные требования к органолептическим показателям представлены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Требования к органолептическим свойствам воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Запах	Баллы	2
Привкус	Баллы	2
Цветность	Градусы	20 (35)
Мутность	ЕМФ (ед. мутности по фармазину) или мг/л (по каолину)	2,6 (3,5) / 1,5 (2,0)

Интегральные гидрохимические показатели качества воды. Каждый из показателей качества воды в отдельности, хотя и несет информацию о качестве воды, всё же не может служить мерой качества воды, поскольку не позволяет судить о значениях других показателей (несмотря на косвенную связь с ними). Например, увеличенное по сравнению с нормой значение БПК₅ косвенно свидетельствует о повышенном содержании в воде легкоокисляющихся органических веществ. Увеличенное значение электропроводности – о повышенном солесодержании и др. Вместе с тем результатом оценки качества воды должны быть некоторые интегральные показатели, охватывающие основные показатели качества воды (либо те из них, по которым зафиксировано неблагополучие). 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).

Индекс загрязненности воды (ИЗВ). К категории наиболее часто используемых показателей для оценки качества водных объектов относят суммарный индекс загрязнения воды (ИЗВ) (установлен Госкомгидрометом СССР). Это типичный аддитивный коэффициент, представляющий собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов. Как

правило, ИЗВ рассчитывают по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того, превышают они ПДК или нет (1):

$$ИЗВ = \frac{\frac{1}{6} \sum c_i}{ПДК_i} \quad (1)$$

где C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра);

n – число показателей, используемых для расчета индекса ($n = 6$);

$ПДК_i$ – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

Для расчета индекса загрязнения вод для всего множества нормируемых компонентов, включая обязательные показатели (водородный показатель рН, содержание растворенного кислорода, биологическое потребление кислорода БПК₅), находят отношения $C_i / ПДК_i$ фактических концентраций к ПДК и полученный список сортируют.

При расчете ИЗВ для составляющих $C_i / ПДК_i$ по неоднозначно нормируемым компонентам применяется ряд следующих условий.

Для биологического потребления кислорода БПК₅ (ПДК – не более 3 мг О₂/дм³ для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг О₂/дм³ для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования) устанавливаются специальные значения нормативов, зависящие от самого значения БПК₅ (табл. 5.11).

Таблица 5.11

Значение норматива (ПДК) в зависимости от показателя БПК₅

Показатель БПК ₅ (мг О ₂ /л)	Значение норматива (ПДК)
Менее 3	3
От 3 до 15	2
Свыше 15	1

Таблица 5.12

Значение слагаемого $C_i/ПДК_i$ в зависимости от показателя концентрации растворенного кислорода (мг О₂/л)

Концентрация (мг О ₂ /л)	Значение слагаемого $C_i/ПДК_i$
Более или равно 6	6
Менее 6 до 5	12
Менее 5 до 4	20
Менее 4 до 3	30
Менее 3 до 2	40
Менее 2 до 1	50
Менее 1	60

Концентрация растворенного кислорода нормируется с учетом того, что его содержание в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм³, поэтому для каждого диапа-

зона концентраций компонента устанавливаются специальные значения слагаемых $C_i / ПДК_i$ (табл. 5.12).

Для водородного показателя рН действующие нормативы для воды водоемов различного назначения регламентируют диапазон допустимых значений в интервале от 6,5 до 8,5, поэтому для каждого сверхнормативного значения рН, выходящего за границы этого диапазона, устанавливаются специальные значения слагаемых $C_i / ПДК_i$ (табл. 5.13).

Таблица 5.13

Значение слагаемого $C_i / ПДК_i$ в зависимости от показателя рН

Значения рН ниже диапазона нормы (<6,5)	Значения рН выше диапазона нормы (> 8,5)	Значение слагаемого $C_i/ПДК$
Менее 6,5 до 6	Свыше 8,5 до 9	2
Менее 3 до 5	Свыше 9 до 9,5	5
Менее 5	Свыше 9,5	20

При равенстве величин $C_i/ПДК_i$ предпочтение дается веществам, имеющим токсикологический признак вредности.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 5.14). Необходимо учитывать, что индексы загрязнения воды используют для оценки изменения качества вод во времени, по течению, в зонах влияния крупных источников воздействия и границах одной биогеохимической провинции и для однотипных водных объектов (по течению, во времени и др.), а также с учетом фактической водности текущего года.

Таблица 5.14

Характеристики интегральной оценки качества воды по гидрохимическому показателю ИЗВ

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды	Цвет кодировки
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые	Белый
Более 0,2–1	II	Чистые	Голубой
Более 1–2	III	Умеренно загрязненные	Зеленый
Более 2–4	IV	Загрязненные	Желтый
Более 4–6	V	Грязные	Оранжевый
Более 6–10	VI	Очень грязные	Красный
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные	Черный

В зависимости от полученного индекса ИЗВ водные объекты классифицируют по степени загрязнения на 7 групп (табл. 5.14).

К шести основным, так называемым «лимитирующим» показателям при расчете ИЗВ относятся в обязательном порядке *концентрация растворенного кислорода* и *значение БПК₅*, а также значения еще 4 показателей, наиболее

неблагополучных для данного водного объекта либо имеющих наибольшие приведенные концентрации в течение периода наблюдений (отношение $c_i/\text{ПДК}_i$).

При невозможности проведения гидрохимического обследования водоёма по всем интересующим показателям целесообразно определить, какие же компоненты могут выступать загрязнителями. Это делают на основе анализа доступных результатов гидрохимических исследований прошлых лет, а также сведений и предположений о вероятных источниках загрязнений воды. При невозможности выполнения анализов по данному компоненту полевыми методами (ПАВ, пестициды, нефтепродукты и др.) следует произвести отбор проб и их консервацию с соблюдением необходимых условий, после чего доставить пробы в требуемые сроки для анализа в лабораторию.

Задачи интегральной оценки качества воды 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. Интегральные гидрохимические индексы часто используют в комплексных химико-биологических оценках.

Гидрохимические индексы загрязнения воды необходимо сравнивать для водных объектов, располагающихся в одной и той же биогеохимической провинции или сходного типа, для одного и того же водотока (по течению, по времени и т.д.).

Радиационное загрязнение. При оценке общего экологического состояния водных объектов в настоящее время настоятельно рекомендуют проводить радиационную оценку.

Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности осуществляется в РФ на основе Методических указаний МУ 2.6.1.1981-05, рекомендованных к утверждению Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию (прот. № 1 от 31 марта 2005 г.) и утверждённых 25 апреля 2005 г. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко. Некоторые показатели радиационного загрязнения приведены в табл. 5.15.

Таблица 5.15

Требования по радиационной безопасности питьевой воды

Показатели	Единица измерения	Нормативы
Удельная активность радона	Бк/л	60
Общая α -радиоактивность	Бк/л	0,2
Общая β -радиоактивность	Бк/л	1,0

Примечание: беккерель Бк (Bq) – единица измерения активности радиоактивного источника в Международной системе единиц (СИ). 1 БК определяется как активность источника, в котором за одну секунду происходит в среднем один радиоактивный распад.

5.2. Оценка качества вод по микробиологическим показателям

Методы санитарно-микробиологического (бактериологического) контроля питьевой воды в отношении ее эпидемиологической безопасности устанавливаются методическими указаниями (МУК 4.2.1018-01) «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды». Бактериологическая безопасность питьевой воды в эпидемиологическом отношении определяется её соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям. Для этого анализируют следующие показатели: *термотолерантные колиформные бактерии, общие колиформные бактерии, общее микробное число, колифаги, споры сульфитредуцирующих клостридий, цисты лямблий*.

Патогенные микроорганизмы попадают в окружающую среду с выделениями больных людей и животных, носителей соответствующих инфекций, а также с трупами погибших от инфекционных заболеваний. Патогенные микроорганизмы могут передаваться от одного хозяина другому, этот процесс называется инфекцией, а при возникновении патологического процесса приводит к инфекционным заболеваниям. Их количество выражают в титрах и индексах. *Титр* – минимальное количество субстрата (в кубических сантиметрах или граммах), в котором обнаруживают СПМ (санитарно-показательные микроорганизмы). *Индекс* – количество СПМ, содержащееся в 1 литре воды или в 1 грамме другого субстрата. Наиболее вероятное число (НВЧ) – количество СПМ в 1 литре воды или в 1 грамме другого субстрата. Это более точный показатель, так как имеет доверительные границы, в пределах которых может колебаться с вероятностью 95%.

Ниже приводится характеристика некоторых групп санитарно-показательных микроорганизмов (СПМ).

Бактерии группы кишечной палочки – БГКП. К БГКП относятся эшерихии и представители родов цитробактер, энтеробактер, клебсиеллы. Для них характерны следующие признаки: короткие, грамотрицательные, неспорообразующие палочки, на среде Эндо. Растут в виде темно-красных колоний с металлическим блеском или без него либо в виде розовых колоний с темным центром; сбраживают лактозу и глюкозу при 37°C в течение 24 часов с образованием кислоты и газа, не обладают оксидазной активностью. Отрицательная оксидазная проба позволяет дифференцировать семейство *Enterobacteriaceae* от грамотрицательных бактерий семейства *Pseudomonadaceae* и других водных сапрофитов, обладающих ферментом оксидазой. По способности расщеплять лактозу при температуре 37°C БГКП делят на *лактозоотрицательные* (ЛКО) и *лактозоположительные кишечные палочки* (ЛКП), или колиформные. Из группы ЛКП выделяются фекальные кишечные палочки, способные ферментировать лактозу при температуре 44,5°C. К ним относится *E. coli*, не растущая на цитратной среде. Эти бактерии являются показателями свежего фекального загрязнения. Представителей рода, находящихся в воде, трактуют как термотолерантные колиформные бактерии, в лечебных грязях – как фекальные колиформные бактерии. На среде Эндо они образуют, как правило, колонии с металлическим блеском. ЛКП входят в группу колиформных организмов, обладают всеми признаками бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, но в то же время способны ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре 44°C в течение 24 часов, влиять на

качество воды. Они содержат также род *Escherichia* (*E. coli*), *Klebsiella*, *Enterobacter* и *Citrobacter*. Общее количество термотолерантных колиформ обычно прямо пропорционально концентрации *E. coli*, но полное обнаружение *E. coli* слишком сложный процесс. Таким образом, термотолерантные бактерии являются хорошим индикатором загрязнения воды.

Энтерококки. К показателям фекального загрязнения относят, помимо БГКП, энтерококки (разновидность *S. faecalis*). Поскольку энтерококки выживают во внешней среде относительно недолго, их обнаружение служит показателем свежего фекального загрязнения. При обнаружении в воде атипичных кишечных палочек присутствие энтерококков становится главным показателем свежего фекального загрязнения. В открытых водоемах определяют соотношение ФКП/ФЭ, где ФКП – фекальная кишечная палочка, а ФЭ – фекальные энтерококки. При значении ФКП/ФЭ = 5–10 подозревают сброс в водоем нехлорированных сточных вод. Если показатель находится в пределах 0,1–1, хлорирование сточных вод достаточное, так как ФЭ в 4 раза устойчивее к хлору, чем кишечная палочка. Фекальный энтерококк может служить возбудителем различных инфекций: мочевыводящих путей, интраабдоминальных, органов малого таза, раневых, эндокардита. Фекальные энтерококки – наиболее патогенный вид среди энтерококков, составляет 80–90% от всех выделенных в клиническом материале человека энтерококков.

Протеи. Протеи имеют вид мелких $0,3 \times 3$ мкм нитевидных палочек, отличаются очень активной подвижностью, обладают токсическими (вырабатывают эндотоксин) и гемолитическими свойствами. Протеи считаются санитарно-показательными бактериями. Протей мирабилис (*Proteus mirabilis*) – вид грамотрицательных, спорообразующих, факультативно анаэробных бактерий, представитель нормальной, условно-патогенной микрофлоры кишечника человека, может вызывать различные заболевания мочеполовых органов, в частности, острый и хронический простатит, цистит, пиелонефрит и другие. Ксантогранулематозный пиелонефрит наиболее часто ассоциирован с протеом мирабилис. Количество обнаруживаемых *Proteus mirabilis* рассматривают как показатель фекального загрязнения.

Клостридии. К роду *Clostridium* относятся сульфитредуцирующие бактерии, которые примерно на 90% представлены видом *Clostridium perfringens*. Основным местом естественного пребывания *Clostridium perfringens* является кишечник человека и травоядных животных, что свидетельствует о санитарной значимости этих микроорганизмов. *Clostridium perfringens* длительно сохраняется во внешней среде за счет спорообразования, поэтому не свидетельствует о свежем фекальном загрязнении. *C. perfringens* может служить косвенным показателем наличия в воде энтеровирусов. Для прорастания спор клостридий необходим температурный шок (прогревание при температуре +75°C в течение 15–20 минут).

Оценка воды нецентрализованных источников водоснабжения по микробиологическим (бактериологическим) и паразитологическим показателям. Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется её соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям (СанПин 2.1.4.1074-01) (табл. 5.16).

Таблица 5.16

**Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения
по микробиологическим и паразитологическим показателям**

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии микробов в 1 мл	Не более 50
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфоредактирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 мл	Отсутствие

Оценка состояния экосистемы по показателям бактериопланктона. Данные об общем количестве бактерий (А), числе гетеротрофов (Б) и их соотношении позволяют охарактеризовать состояние водной экосистемы (табл. 5.17).

Таблица 5.17

Оценка состояния экосистемы по шкале экологических модификаций

Состояние экосистемы	А, млн ^{клеток} / мл	Б, тыс. ^{клеток} / мл	^А / _Б
Фоновое	<1,0	<0,5	>1000
Экологический прогресс (антропогенное экологическое напряжение)	1,0–4,0	0,5–10,0	1000–400
Элементы экологического регресса	4,0–20,0	10,0–200,0	400–100
Экологический регресс	20,0–40,0	100–70	100–70
Метаболический регресс	>40,0	>700,0	<70

Численность бактерий, вырастающих на МПА:10 (среда на мясо-пептонном агаре), характеризует определенный уровень трофности и загрязненности вод: в высокотрофных или загрязненных водах отношение числа таких бактерий к их количеству на МПА равно 2–3, в малотрофных и загрязненных водных объектах это отношение составляет 10–100 и может достигать еще больших значений. Содержание споровых микроорганизмов указывает на характер органического вещества: при наличии трудноразлагаемых соединений число таких микроорганизмов может превышать 1000 ^{клеток}/мл.

Появление в пробах воды сульфатредуцирующих бактерий (в количестве нескольких десятков в 1 мл) свидетельствует об опасности сероводородного загрязнения. Наличие фенол- и углеводородокисляющих бактерий в количествах, превышающих 10^2 – 10^3 клеток/мл, указывает на ту или иную степень загрязне-

ния этими веществами. При определении интенсивности разрушения нефтяных остатков по значению ПОС следует руководствоваться следующей шкалой: сильное хроническое нефтяное загрязнение – 0,4–1,0 мг O_2 /(л/сут) и более; слабое загрязнение – 0,1–0,4 мг O_2 /(л/сут); нет загрязнения – менее 0,1 мг O_2 /(л/сут).

Анализ качества вод по микробиологическим показателям рекомендуется проводить на базе лицензированных лабораторий и центров.

5.3. Оценка качества вод по показателям водорослей

Перспективным объектом для оценки состояния вод и экосистем являются водоросли – первичное и очень информативное звено трофической цепи в пресноводных экосистемах (рис. Ц5). В отличие от других групп гидробионтов, водоросли широко распространены и встречаются практически везде, где есть вода. При изменении содержания органических веществ в воде изменяется видовой состав водорослей, их обилие, то есть водоросли определённо реагируют на изменение условий окружающей среды и являются индикаторами экологического состояния водоёмов и водотоков.

Многие виды водорослей существуют только в очень чистых водах (к таковым относятся *Hydrurus foetidus* из отдела Золотистых), другие виды могут обитать как в чистой, так и в достаточно загрязнённой воде (водоросль из отдела Диатомовых – *Synedra ulna*), а такие водоросли, как *Gonium pectorale* (водоросль из отдела Зеленых), способны выдерживать даже весьма значительные загрязнения. Таким образом, зная, какие водоросли обитают в водоёме, даже не делая химического анализа воды, можно сказать чистый это водоём или загрязнённый.

Биологический метод анализа качества воды по индикаторным организмам с помощью водорослей широко используется при оценке состояния водоёмов и контроле качества воды в них. Видовой состав, численность организмов зависят от качественного состава и концентрации веществ, растворённых в воде.

Разработана система качества вод (или их сапробности), которая оценивает степень загрязнения водоема органическими веществами и продуктами их распада. Для количественной оценки степени загрязнения водоёма разработаны численные индексы. Каждый показательный организм имеет свою степень сапробности, выражаемую *индексом сапробности*. На основании списка видов водорослей, обнаруженных на данном участке, и их количественных показателей вычисляется *индекс сапробности водоёма*.

Сапробность (от гр. sapros – гнилой) – комплекс физиолого-биохимических свойств данного организма, обуславливающий его способность развиваться в воде, загрязнённой органическими веществами с некоторой степенью разложения.

Организмы, обитающие в загрязнённых водоемах, называют сапробионтами или сапробными организмами. Они могут служить индикаторами (показателями) загрязнения или различных ступеней разложения органического вещества в водоеме.

Индекс сапробности рассчитывается по следующей формуле (2):

$$S = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h}, \quad (2)$$

где S – степень сапробности водоема;

s – сапробное значение каждого показательного организма;

h – частота встречаемости показательного организма в пробе.

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обуславливающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее 12 индикаторных организмов с общим числом особей в поле наблюдения каждого не менее 30 шт.

В зависимости от значения S воды разделяют на классы чистоты (табл. 5.18). Уровень загрязненности и класс качества водных объектов иногда устанавливают в зависимости от микробиологических показателей.

Таблица 5.18

Оценка качества вод по индексу сапробности

Значение индекса S	Номер класса чистоты воды	Характеристика класса чистоты	Наименование зоны
Менее 0,50	1	Очень чистая	Ксеносапробная
Более 0,50 до 1,50	2	Чистая	Олигосапробная
Более 1,50 до 2,50	3	Умеренно загрязненная	α -мезосапробная
Более 2,50 до 3,50	4	Тяжело загрязненная	В-мезосапробная
Более 3,50 до 4,00	5	Очень загрязненная	Полисапробная
Более 4,00	6	Очень грязная	Полисапробная

Существуют опубликованные списки водорослей – показателей сапробности (или индикаторов загрязнения), в которых для каждого показательного организма указывается уже известное сапробное значение – s [4].

Частота встречаемости вида в пробе (h) учитывается по шестибалльной шкале:

Единично	(1) – 1–5 экз. в препарате,
Редко	(2) – 10–15 экз. в препарате,
Нередко	(3) – 25–30 экз. в препарате,
Часто	(4) – по 1 экз. в каждом ряду покровного стекла при увеличении около 10 раз,
Очень часто	(5) – несколько экз. при тех же условиях,
Масса	(6) – несколько экз. в каждом поле зрения при тех же условиях.

В зависимости от качественного состава видов водорослей и степени их развития можно судить о степени загрязнения водоёма и делать выводы о его санитарно-биологическом и экологическом состоянии в данный момент. Разработанная система оценки качества воды по биологическим показателям дает представление о степени загрязнённости обследованного участка водотока и характеризует зону самоочищения водоёма, соответствующую классу чистоты воды. В системе оценки качества воды по водорослям выделяют 5 основных зон и 5 классов чистоты воды (табл. 5.19).

Таблица 5.19

Система оценки качества вод по сапробным показателям

Зона сапробности	Обозначения	Интервалы индекса	Класс чистоты воды
Ксеносапробная	X	0–0,50	I
Олигосапробная	O	0,51–1,50	II
Бетамезосапробная	B	1,51–2,50	III
Альфамезосапробная	A	2,51–3,50	IV
Полисапробная	P	3,51–4,50	V

Таким образом, согласно табл. 5.19 классы чистоты воды можно охарактеризовать следующим образом:

I класс – очень чистые воды, в которых преобладают виды ксеносапробионты (χ);

II класс – практически чистые воды, в которых преобладают виды ксено- и олигосапробионты (o), редко могут встречаться бетамезосапробионты;

III класс – слабо загрязненные воды, в которых преобладают виды, активно вегетирующие при слабой степени органического загрязнения, доминируют бетамезосапробионты (β), но могут встречаться также олиго- и альфамезосапробионты;

IV класс – сильно загрязнённые воды; здесь преобладают организмы, обладающие способностью выдерживать значительную степень органического загрязнения – альфамезосапробионты (α); могут встречаться бетамезо- и полисапробионты;

V – грязные или сточные воды. Преобладают полисапробионты (ρ) – организмы, способные вегетировать в сточных водах; реже встречаются альфамезосапробионты.

В водоёмах Приморского края насчитывается порядка 2000 видов водорослей из разных отделов. Из них показателями качества воды являются около 500 видов.

Основные систематические группы водорослей и их краткая характеристика:

Сине-зеленые водоросли – прокариотические организмы, встречаются повсеместно, могут обитать в таких экстремальных биотопах, как горячие источники и каменистые пустыни. Некоторые виды сине-зеленых водорослей способны вызвать токсичное «цветение» в эвтрофированных местообитаниях, представляющее опасность для человека и домашнего скота (рис. Ц5).

Диатомовые водоросли – микроскопические организмы, встречаются во всех видах вод. Образую основную массу состава продуцентов в водоёме, они являются началом пищевой цепи. Являются пищей для многих беспозвоночных и некоторых рыб. Массовое развитие некоторых диатомовых водорослей может иметь и отрицательные последствия (влияют на качество воды, вызывают гибель личинок рыб, забивая им жабры). Многие диатомеи – хорошие индикаторы качества воды в водоёмах.

Зеленые водоросли – один из самых обширных отделов водорослей, в котором имеются все известные у водорослей структуры, кроме амёбоидной и тканевой.

Эвгленовые водоросли – распространены исключительно в пресных водоёмах, богаты органическими веществами, в клетках содержат многочисленные кроваво-красные гранулы. При массовом развитии эти виды образуют на поверхности воды налёт: красный – на солнечном свете, зелёный – в тени или после захода солнца, некоторые виды вызывают «цветение» воды, окрашивая её в коричневый цвет.

Золотистые водоросли – преимущественно пресноводные водоросли, чаще всего встречаются в чистых водоёмах. Обычно они развиваются в холодное время года.

Криптофитовые водоросли – наиболее обширный порядок криптомонадовых водорослей, распространённых в пресных и морских водах. Среди бесцветных криптомонадовых наиболее известен часто встречающийся в загнивающей воде род Хиломонас.

Динофитовые водоросли – обитают в пресных и морских водах. Среди них существуют паразиты, которые уничтожают личинок устриц. Встречаются виды, вырабатывающие яд, смертельный для рыб. Кроме того, разлагаясь после своего массового развития («красные приливы»), они могут отравлять воду на многие километры вредными продуктами распада, вызывая замор рыбы и других животных.

Желто-зелёные водоросли – большинство из них пресноводные, широко распространены в различных местообитаниях.

На рисунке Ц6 приведены фотографии наиболее часто встречающихся показательных видов водорослей, вызывающих цветение воды.

Контрольные вопросы

1. Какие химические показатели учитывают при оценке качества природных вод и условий обитания гидробионтов?
2. Какие показатели вод относят к гидрохимическим?
3. Какие показатели вод относят к санитарно-бактериологическим?
4. Какие показатели вод относят к паразитологическим?
5. Какие показатели вод относят к органолептическим?
6. При какой концентрации растворённого кислорода происходит замор рыбы?
7. Как представлено органическое вещество в природных водах?
8. Какие показатели используют для характеристики содержания органических веществ в воде?
9. Что понимают под окисляемостью воды, в каких единицах ее выражают?
10. Что понимают под БПК, в каких единицах выражают этот показатель?
11. Какие комплексные индексы и показатели качества вод относятся к категории наиболее часто используемых показателей для оценки качества водных объектов?
12. Назовите причины и последствия изменения pH природных вод?
13. Какие микробиологические показатели используют при оценке качества вод?
14. Как рассчитывается суммарный индекс загрязнения воды, какие обязательные показатели применяются для его расчета?
15. Какие интегральные показатели качества вод применяются в практике гидробиологического мониторинга?

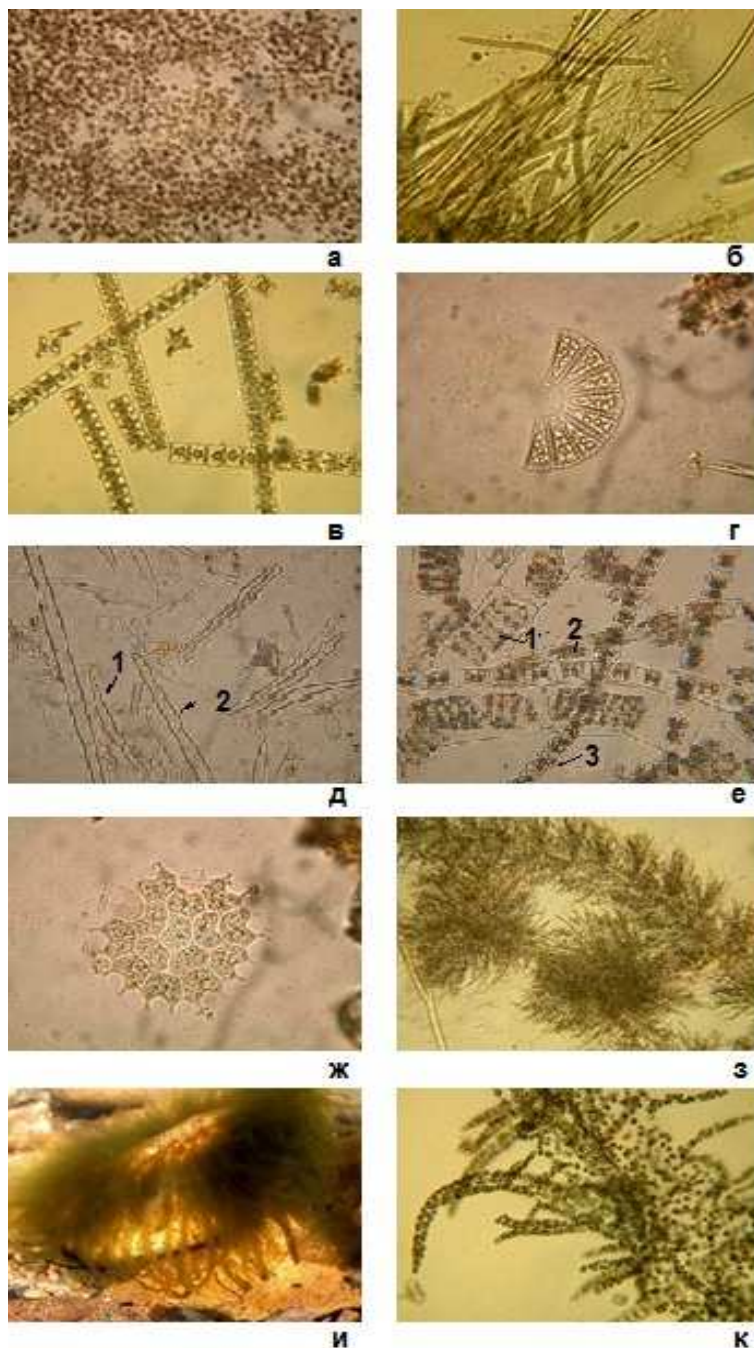
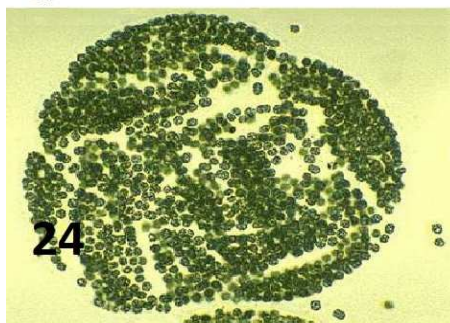


Рис. Ц5. Пресноводные водоросли, наиболее часто встречающиеся на юге Дальнего Востока РФ (видовые названия – в тексте) (фото Л.А. Медведевой): а – *Microcystis aeruginosa* Kütz.; б – *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom.; диатомовые: в – *Diatoma mesodon* (Ehr.) Kütz.; г – *Meridion circulare* (Grev.) Ag.; д – *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr. (1) и *Hannaea arcus* (Ehr.) Patr.(2); зелёные водоросли: е – *Spirogyra* (1), *Mougeotia* (2) и *Zygnema* (3); ж – *Pedastrum boryanum* (Turp.) Menegh.; красные водоросли: з – *Batrachospermum moniliforme* Roth; золотистые водоросли: и – *Hydrurus foetidus* Kirchn.(внешний вид в природе); к – то же, под микроскопом



а



б



в



г



д

Рис. Ц6. Цветение воды в пресных водах: а – водоросли, вызывающие цветение: б – *Microcystis*, в – *Aphanizomenon*, г – *Anabena*, д – массовое развитие микроводорослей

5.4. Оценка качества вод по показателям водных беспозвоночных

При оценке качества пресных вод по показателям водных беспозвоночных используют различные *метрики* и *биотические индексы*. Метрика – мера, числовое значение характеристики биоты, которая изменяется некоторым предсказуемым путём с увеличением антропогенной нагрузки [21]. Под биотическими метриками понимают простые характеристики популяций, сообществ, биоценозов, не требующие сложных расчётов, например, таксономический состав, обилие, доля индикаторного таксона или группы. Иногда такие простые метрики даже при первых рекогносцировочных исследованиях достаточно точно характеризуют экологическое состояние водного объекта. *Биотические индексы* – интегрированные показатели состояния биоценозов, сообществ, определяемые через состав и состояние входящих в них организмов; как правило, биотические индексы рассчитываются на основании метрик.

Некоторые метрики и биотические индексы рекомендуется использовать при проведении оперативного мониторинга.

5.4.1. Биотические метрики

Метрики, учитывающие число таксонов

Nt – *общее количество таксонов*. Высокое число таксонов свидетельствует о хорошем состоянии сообщества. Уменьшение таксономического богатства в сообществах происходит при ухудшении условий среды. При сравнении тестируемых станций с фоновой уменьшение данного показателя свидетельствует о проявлении импакта.

Nht – *общее количество высших таксонов (выше родового ранга)*. Упрощение числа таксонов высокого ранга происходит при ухудшении условий обитания. При сравнении с фоновой станцией тенденция сокращения высших таксонов – явный сигнал об ухудшении условий обитания.

Nt_F – *общее количество семейств*. Уменьшение данного показателя при сравнении с фоновой станцией также свидетельствует о проявлении импакта.

Nt_E – *общее количество таксонов Ephemeroptera*. Уменьшение общего числа таксонов Ephemeroptera свидетельствует об ухудшении качества воды.

Nt_P – *общее количество таксонов Plecoptera*. Уменьшение общего числа таксонов Plecoptera свидетельствует об ухудшении качества воды.

Nt_T – *общее количество таксонов Trichoptera*. Уменьшение общего числа таксонов Plecoptera свидетельствует об ухудшении качества воды.

Nt_{EPT} – *общее количество таксонов EPT*. Высокое число таксонов EPT – очень хороший показатель здоровья водотока.

Метрики, учитывающие долю индикаторных таксонов

Индекс EPT (EPT Richness Index). При оценке качества вод рекомендуется использовать индекс EPT (3), представляющий долю таксонов EPT по отношению к общему числу таксонов. Большая доля EPT свидетельствует о высоком качестве воды (табл. 5.20):

$$\text{Индекс EPT} = Nt_{\text{EPT}} / Nt \times 100\%, \quad (3)$$

где Nt_{EPT} – общее число таксонов EPT, Nt – общее число таксонов.

Таблица 5.20

Категории качества по индексу ЕРТ

Индекс ЕРТ, %			Категории качества
Горные водотоки	Предгорные водотоки	Равнинные водотоки	
>60	>80	>85	Очень хорошее
55–59	75–79	81–84	Хорошее
40–54	50–75	55–80	Посредственное
7–39	16–49	16–54	Плохое
0–6	0–15	0–15	Очень плохое

**Метрики, основанные на показателях численности (экз.)
или относительной численности (%)**

N_{ex} (Total Number of Individuals) – *общее число организмов* (экз.). Общая численность организмов не всегда является хорошим индикатором качества вод, следует обязательно учитывать долю интолерантных (сенситивных организмов). Часто увеличение общего числа организмов отмечается в условиях органических загрязнений и сопровождается одновременно упрощением таксономической структуры – с доминированием одной или немногих групп толерантных организмов (например, развитие олигохетно-хирономидного комплекса); общее число организмов на загрязнённых станциях может намного превышать этот показатель на чистых участках водотока и является следствием вспышки численности толерантных видов.

N_{ERT} (Total Number of EPT individuals) – *общее число организмов ЕРТ* (экз.). Высокие показатели характеризуют однозначно хорошее качество воды.

D/N_{ex} – *доля двукрылых по отношению к общей численности организмов*. Отношение совокупности числа всех таксонов отряда Diptera (двукрылые) к общему числу экземпляров всех таксонов в пробе. При значении индекса, близкому к 1, вода считается критически грязной и не пригодной даже для технических целей.

$\%N_{ERT}$ ($N_{ERT}/N_{ex} \times 100$) – *доля организмов комплекса ЕРТ в % выражении*. Обычно в зоне среднего течения водотоков (*метаритрали*) доля ЕРТ по численности может достигать 70–80%, а по биомассе – даже более.

$\%N_{Eph}$ ($N_{Eph}/N_{ex} \times 100$) – *доля численности подёнок в % в чистых водотоках и относительно незагрязнённых довольно высокая*; при нарастающем импакте численность личинок подёнок вначале снижается, затем они могут полностью элиминироваться из сообществ.

$\%N_{Ch}$ ($N_{Ch}/N_{ex} \times 100$) – *доля численности личинок хирономид в %-м выражении*; следует правильно интерпретировать этот показатель, учитывая сезонные колебания численности этой группы и время массового вылета хирономид; иногда большая доля хирономид в пробах (особенно весной) может быть связана с обилием хирономид перед массовым лётном. Однако в случае ненарушенных экосистем обилие личинок хирономид должно сопровождаться одновременно и хорошей представленностью комплекса ЕРТ, а также других групп сенситивных организмов при малой доле олигохет.

%ТО ($\text{ТО}/\text{Nex} \times 100$) – доля толерантных организмов (Tolerant Organisms). При сильном загрязнении вод доля толерантных организмов становится очень высокой, достигая в критических случаях 100%.

%N_{Ch+O} – суммарная доля хирономид и олигохет (хирономидно-олигохетный комплекс) очень хороший показатель, указывающий на ухудшение качества вод; особенно ярко выражается при органических загрязнениях, в критических случаях достигает 100%.

%NDominant Taxon – доля доминантного таксона. Этот показатель характеризует расцвет преобладающего вида – эдфикатора. Если доминирует таксон из категории чувствительных, это свидетельствует о хорошем состоянии качества воды и наоборот. Данная метрика при экспресс-мониторинге позволяет быстро охарактеризовать экологическое состояние водотока.

Метрики, учитывающие долю функционально-трофических групп

Здоровье водотоков можно оценивать по относительной численности функционально-трофических группировок. Если в водотоке формируются сообщества с трофической структурой, согласующейся с общей схемой Концепции Речного Континуума [29], можно говорить о стабильности условий и хорошем качестве среды. Доминирование несвойственных трофических группировок может сигнализировать об изменении естественных условий среды. Поэтому мы рекомендуем учитывать долю трофических группировок на исследуемых станциях по следующим показателям:

%NShredders (shr) – доля численности измельчителей (в %): высокая доля измельчителей характеризует здоровые сообщества лесных водотоков с большими объёмами листового опада.

%NGrazers/Scrapers (scr) – доля численности скребущих (в %) характеризует благоприятные условия в сообществах водотоков с каменисто-галечными грунтами и хорошей освещённостью водной поверхности.

%NCollectors-filterers (c-f) – доля численности фильтраторов (%) – высокая доля фильтраторов отмечается в водотоках с высоким расходом воды, каменисто-галечными грунтами и хорошим качеством воды; однако в некоторых случаях увеличение личинок Hydropsychidae на тестируемых станциях может свидетельствовать о тепловом или органическом загрязнении.

%NCollectors-Gatherers (c-g) – доля численности коллекторов-собирателей (%). Высокая доля коллекторов характеризует местообитания с преобладающими процессами седиментации: затишные побережья водотоков, плёсы или равнинные участки водотоков (область низовья). Увеличение доли коллекторов в некоторых случаях может свидетельствовать об органических загрязнениях.

Перечисленные метрики основаны на показателях численности, хотя при желании или необходимости поставленных задач можно использовать и данные по биомассе. При проведении экспресс-мониторинга, как правило, учитывают только численность, поскольку определение биомассы через взвешивание организмов требует дополнительных временных затрат.

5.4.2. Биотические индексы

Существуют десятки биотических индексов, которые успешно используются в биомониторинге пресных вод. Эти методы широко описаны в литературе.

Некоторые из них, правда, следует использовать с определенными оговорками (например, индекс Гутнайта-Уитлея не рекомендуется применять для лентических экосистем) или необходимо модифицировать к условиям региональной биоты (например, индекс сапробности Колквица-Марссона).

Индекс Вудивисса («индекс реки Трент») широко применяется как в краткой, так и расширенной модификациях. Это один из немногих «гостированных» биотических индексов, который используется в государственном (российском) мониторинге при классификации качества поверхностных вод (ГОСТ 17.1.3.07-82). Основное достоинство индекса Вудивисса заключается в простоте его определения. Он тоже основан на учете любых представителей крупных и широко известных таксономических групп макрозообентоса. В некоторых случаях его применение может быть весьма эффективным, особенно при комбинировании его с оценкой абиотических условий («бельгийский метод»). Следует обратить внимание, что иногда индекс Вудивисса, наоборот, характеризует качество среды весьма неадекватно. Диагностическая ценность индекса ограничивается искусственностью выделенных количественных градаций.

Кроме того, применение индекса Вудивисса в авторских модификациях ограничено территориально. В других регионах его структуру приходится несколько изменять соответственно составу местного бентоса по усмотрению исследователя. Индекс Вудивисса более пригоден для исследования рек умеренного пояса и не подходит для озер и прудов.

Оценка состояния рек проводится по 15-балльной шкале (табл. 5.21).

Таблица 5.21

Таблица для расчёта индекса Вудивисса

Группы – индикаторы	Количество видов – индикаторов	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0 – 1	2 – 5	6 – 10	11 – 15	16 – 20	более 20
Нимфы веснянок (Plecoptera)	более 1	–	7	8	9	10	11 – ...
	1 вид	–	6	7	8	9	10 – ...
Нимфы подёнок (Ephemeroptera)*	более 1	–	6	7	8	9	10 – ...
	1 вид	–	5	6	7	8	9 – ...
Личинки ручейников (Trichoptera)	более 1	–	6	7	8	9	10 – ...
	1 вид	4	4	5	6	7	8 – ...
Бокоплавы (Amphipoda)		3	4	5	6	7	8 – ...
Водяные ослики (Isopoda)		2	3	4	5	6	7 – ...
Олигохеты или личинки хирономид		1	2	3	4	5	6 – ...
Отсутствуют все названные группы		0	1	2	–	–	–

Примечание: кроме личинок *Baetis rhodani*.

Чтобы оценить состояние водоема по методу Вудивисса (табл. 5.22), нужно:

1) выяснить, какие индикаторные (показательные) группы имеются в исследуемом водоеме;

2) оценить общее разнообразие бентосных организмов. Определить количество «групп» бентосных организмов в пробе. При использовании метода Вудивисса за «группу» принимается любой вид плоских червей, моллюсков, пиявок, ракообразных, водяных клещей, веснянок, сетчатокрылых, жуков, любой вид личинок других насекомых. Определив количество групп в пробе, находят соответствующий столбец в таблице;

3) на пересечении строки и столбца по специальной таблице находят индекс Вудивисса.

Значение индекса изменяется от 0 до 15 и измеряется в баллах; соотношение индекса и класса чистоты (см. табл. 5.22).

Таблица 5.22

Значения индекса Вудивисса и категории качества воды

Значения индекса, (баллы)	Классы чистоты	Категория качества воды	Цвет кодировки
8–10 и выше	1–2	Чистые реки	Синий
6–7	3	Незначительное загрязнение водоема	Зелёный
3–5	4–5	Значительное загрязнение	Жёлтый
0–2	5–7	Очень сильное загрязнение	Красный

Согласно биотическому индексу Вудивисса, по мере повышения уровня загрязненности вод происходит изменение видовой структуры бентосных организмов, вследствие чего из донных сообществ элиминируются индикаторные таксоны, достигшие предела своей толерантности.

Family Biotic Index (FBI). Разработано множество методов оценки качества поверхностных вод, основанных на толерантных свойствах организмов. Для этого необходимо располагать данными по их толерантным свойствам – знать *толерантное значение таксонов* (Tolerance Value, TV). Толерантные значения для расчётов индекса FBI представляют собой градации чувствительности организма в пределах условной 10-балльной шкалы толерантности: от 0 – «живёт только в чистой воде» до 10 – «способен выдерживать самые сильные загрязнения» (прил. Г). Принадлежность таксонов к градациям шкалы определяется специалистами на основании наблюдений в природе и экспериментальных данных.

Family Biotic Index был предложен Хилсенхоффом (1988) и модифицирован Ленатом (1994) для исследований китайских водотоков; таблица толерантных значений представлена здесь с некоторой авторской трактовкой применительно к условиям дальневосточной биоты (прил. Г) [8].

Индекс FBI рассчитывается следующим образом:

$$FBI = \frac{\sum x_i t_i}{N_{ex}}, \quad (4)$$

где x_i – количество экземпляров (x) в отдельном семействе (i),

t_i – толерантное значение i -го семейства,

N_{ex} – общее число организмов в пробе.

Значения *индекса FBI* могут колебаться от 0 (что характеризует очень чистые воды) до 10 (очень грязные). Индекс необходимо применять с учётом ландшафтных характеристик экорегиона (горные районы, предгорья, равнины), так как значения индекса в одной и той же категории качества различаются в зависимости от экорегиона. После расчёта индекса FBI по данным отобранных проб следует соотнести его с типом экорегиона и зоной водотока, затем определить категорию качества по табл. 5.23.

Таблица 5.23

**Категории качества по индексу FBI в применении к водотокам,
расположенным в различных экорегионах**

Категории качества	Индекс FBI		
	Горная область	Область предгорий	Равнинные области
Очень хорошее (кодировка: белый цвет)			
5	<4,00	<5,14	<5,42
4,6	4,00–4,04	5,14–5,18	5,42–5,46
Хорошее (кодировка: голубой цвет)			
4,4	4,05–4,09	5,19–5,23	5,47–5,51
4,0	4,10–4,83	5,24–5,73	5,62–6,00
3,6	4,84–4,88	5,74–5,78	6,01–6,05
Удовлетворительное (кодировка: зелёный цвет)			
3,4	4,89–4,93	5,79–5,83	6,06–6,10
3	4,94–5,69	5,84–6,43	6,11–6,67
2,6	5,70–5,74	6,44–6,48	6,68–6,72
Плохое (кодировка: жёлтый цвет)			
2,4	5,75–5,79	6,49–6,53	6,73–6,77
2	5,80–6,95	6,54–7,43	6,78–7,68
1,6	6,96–7,00	7,44–7,48	7,69–7,73
Очень плохое (кодировка: красный цвет)			
1,4	7,01–7,05	7,49–7,53	7,74–7,79
1	>7,05	>7,53	>7,79

Biological Monitoring Working Party Index (BMWP) – индекс предложен в рамках системы RIVPACS, которая широко используется для оценки качества вод в Великобритании и странах ЕС. Ниже представлена модификация индекса (интерпретация Т.С. Вшивковой) в применении к дальневосточной биоте – **Far Eastern (FE BMWP)** (табл. 5.24, 5.25).

Для расчёта значений индекса суммируются баллы всех таксонов, обнаруженных на исследуемом участке, полученная сумма представляет собой значение индекса (табл. 5.25). Следует отметить, что индекс BMWP в региональной модификации ещё проходит апробацию, поэтому ранговые пределы могут впоследствии уточняться.

Таблица 5.24

**Таблица для расчёта индекса FE BMWP (модификация Т.С. Вшивковой
индекса BMWP для водотоков Дальнего Востока РФ)**

Класс/Отряд	Семейство	Баллы
Tricladida	Planariidae	10
Mollusca – Bivalvia	Margaritiferidae	
Ephemeroptera	Ameletidae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae	
Plecoptera	Taeniopterigidae, Leuctridae, Capniidae, Perlidae, Perlodidae, Chloroperlidae,	
Heteroptera	Aphelocheiridae	
Trichoptera	Apataniidae, Arctopsychidae, Brachycentridae, Glossosomatidae, Goeridae, Hydrobiosidae, Lepidostomatidae, Leptoceridae, Molannidae, Odontoceridae, Phryganeidae, Phryganopsychidae, Rhyacophilidae, Sericostomatidae, Thremmatidae	
Diptera	Blephariceridae, Deuterophlebiidae	
Decapoda	Cambaridae, Palaemonidae	8
Amphipoda	Gammaridae	
Odonata	Aeshnidae, Calopterigidae, Cordulegastridae, Corduliidae, Gomphidae	
Plecoptera	Nemouridae	
Trichoptera	Philopotamidae, Psychomyidae, Stenopsychidae	
Coleoptera	Elmidae	
Ephemeroptera	Caenidae	7
Trichoptera	Dipseudopsidae, Limnephilidae (part), Polycentropodidae	
Mollusca Gastropoda	Viviparidae, Ancyliidae	
Diptera	Tipulidae, Simuliidae	
Mollusca – Bivalvia	Unionidae	6
Mollusca Gastropoda	Ancyliidae, Viviparidae	
Odonata	Coenagrionidae, Lestidae, Libellulidae, Macromiidae, Platycnemidae	
Ephemeroptera	Baetidae, Siphunuridae	
Trichoptera	Hydroptilidae	
Isopoda	Asellidae	5
Heteroptera	Nepidae, Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae	
Trichoptera	Hydropsychidae	

Окончание табл. 5.24

Класс/Отряд	Семейство	Баллы
Coleoptera	Dytiscidae, Haliplidae, Helodidae, Hydraenidae, Hygrobiidae, Hydrophilidae, Gyrinidae, Clambidae, Dryopidae, Chrysomelidae, Curculionidae	4
Megaloptera	Sialidae	
Hirudinea	Pisciicolidae	
Mollusca – Bivalvia	Corbiculidae, Sphaeriidae	3
Mollusca – Gastropoda	Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Semisulcospiridae, Valvatidae	
Hirudinea	Erpobdellidae, Glossiphoniidae, Hirudidae	
Diptera	Culicidae; др. семейства с развитой дыхательной трубкой	
Diptera	Chironomidae	2
Oligochaeta	Oligochaeta	1

Таблица 5.25

Значения индекса FE BMWP и категории качества воды

Значение индекса FE BMWP	Качество воды
Больше 150	Превосходное
101–150	Очень хорошее
51–100	Хорошее
26–50	Невысокое
Меньше 25	Плохое

Индекс FE ASPT (Far Eastern Average Score Taxon Index) – данный индекс является производным от FE BMWP и рассчитывается следующим образом:

$$FE \cdot ASPT = \frac{FE \times BMWP}{Nt}, \quad (5)$$

где Nt – общее число обнаруженных таксонов.

Индекс FE ASPT имеет семь градаций качества воды (табл. 5.25):

Таблица 5.26

Значения индекса FE ASPT и качество воды

Индекс FE ASPT	Качество воды	Рейтинг
5+	Превосходное	7
4.5–4.9	Очень хорошее	6
4.1–4.4	Хорошее	5
3.6–4.0	Посредственное	4
3.1–3.5	Скорее плохое	3
2.1–3.0	Плохое	2
0–2.0	Очень плохое	1

Индекс чувствительных организмов (SO) – показывает относительную долю чувствительных, сенситивных, организмов [7]. Для удобства индекс рассчитывается в процентах. В здоровых водотоках этот показатель может достигать 99% и даже 100%. При сильных загрязнениях чувствительные организмы полностью исчезают из экосистемы. Группы чувствительных организмов, обычные для дальневосточных водотоков, приведены в табл. 5.27. А в таблице 5.28 приведены значения индекса SO и соответствующие им категории качества воды.

Таблица 5.27

Группы индикаторных организмов в водотоках ДВ России

Сенситивные группы (SO)	Толерантные группы (ТО)
Плоские черви Сем. Planariidae	Олигохеты Сем. Lumbricidae Сем. Lumbriculidae Сем. Enchytraeidae Сем. Tubificidae Сем. Naididae
Двустворчатые моллюски Сем. Margaritiferidae	Двустворчатые моллюски Сем. Pisidiidae Брюхоногие моллюски (часть) Сем. Pleuroceridae (Juginae) Lymnaeidae Physidae Planorbidae
	Пиявки
Ракообразные	Ракообразные
Сем. Gammaridae – бокоплавы Сем. Cambaridae – Речные раки	Сем. Talitridae/Hyalellidae
Насекомые	Насекомые
<i>Отряды комплекса EPT:</i> Ephemeroptera – подёнки Plecoptera – веснянки Trichoptera – ручейники	
<i>Отряд Стрекозы:</i> Сем. Aeshnidae Сем. Cordulegastridae Сем. Gomphidae Сем. Macromiidae	<i>Отряд Стрекозы:</i> Сем. Coenagrionidae Сем. Lestidae Сем. Libellulidae
<i>Отряд Полужесткокрылые:</i> Сем. Aphelocheiridae	<i>Отряд Полужесткокрылые:</i> Сем. Nepidae (<i>Nepa</i> , <i>Ranatra</i>) Сем. Gerridae

Окончание табл. 5.27

Сенситивные группы (SO)	Толерантные группы (ТО)
Отряд Жесткокрылые: Сем. Elmidae Сем. Psephenidae Сем. Gyrinidae	Отряд Жесткокрылые: Сем. Staphylinidae
Отряд Вислокрылки: Сем. Sialidae	
Отряд Двукрылые: Сем. Athericidae (вилохвостки) Сем. Blephariceridae Сем. Deuterophlebiidae Сем. Dixidae Сем. Dolichopodidae (зеленушки) Сем. Dixidae Сем. Limoniidae Сем. Pediciidae Сем. Simuliidae, Сем. Tipulidae Сем. Chironomidae: подсем. Podonominae, Diamesinae	Отряд Двукрылые: Сем. Psychodidae Сем. Chaoboridae Сем. Culicidae Сем. Chironomidae: подсем. Chironominae (Под <i>Chironomus</i>) (красные) Семейства, личинки которых имеют развитые дыхательные трубки: Сем. Ephydriidae Сем. Psychodidae Сем. Ptychopteridae Сем. Stratiomyidae Сем. Syrphidae

Таблица 5.28

Категории качества воды по индексу SO

Индекс SO	% SO	Категория качества	Цвет кодировки на экокарте
0,91–1,00	91–100	Превосходное	Белый
0,90–0,76	76–90	Очень хорошее	Голубой
0,75–0,50	75–50	Хорошее	Зелёный
0,49–0,26	49–26	Умеренное	Жёлтый
0,25–0,06	25–6	Плохое	Оранжевый
0,5–0,1	5–1	Очень плохое	Красный
0	0	Катастрофическое	Чёрный

Индекс Майера (IM_{TV}) – простой метод оценки качества вод, доступный неспециалистам [1], подходит для любых типов водоёмов, был разработан для европейской части России. Метод предполагает, что различные группы водных беспозвоночных приурочены к водоёмам с определенной степенью загрязненности. При этом организмы-индикаторы классифицированы в три группы по их толерантным свойствам (табл. 5.29). Группы организмов интерпретированы применительно к дальневосточной биоте (модификация Т.С. Вшивковой).

Простота и универсальность метода Майера дают возможность быстро оценить состояние исследуемого водоема. Хотя точность метода невысока, но её можно повысить при регулярном отборе проб в течение какого-то определённого времени (сезона) или при отборе проб в течение разных сезонов и последующем сравнении полученных данных. В результате можно установить наличие загрязнений, а также в какую сторону изменяется состояние донных сообществ.

Таблица 5.29

Индекс Майера (модификация Т.С. Вшивковой) (IM_{TV})

Обитатели чистых вод, X	Организмы средней чувствительности, Y	Обитатели загрязнённых водоемов, Z
Личинки веснянок Личинки поденок Личинки ручейников Личинки стрекоз Gomphidae Личинки вислокрылок	Личинки стрекоз Личинки комаров – долгоножек (Tipulidae) Личинки мошек	Личинки хирономид Личинки кровососущих комаров Личинки двукрылых с развитыми дыхательными трубками
<i>Двустворчатые моллюски:</i> – жемчужницы (Margaritiferidae), – перловицы (Middendorffiana) <i>Брюхоногие моллюски:</i> речные чашечки (Ancylus)	<i>Двустворчатые моллюски:</i> горошины Pisidium (Pisidiidae) <i>Брюхоногие моллюски:</i> акролоксиды (Acroloxidae) (часть)	<i>Двустворчатые моллюски:</i> шаровки Musculium, Sphaeriidae) <i>Брюхоногие моллюски:</i> – прудовики (Lymnaeidae), – паряюги (Parajuga, Pleuroceridae), физиды (Physidae)
Бокоплавы (Amphipoda) Речные раки (Cambaroides) Плоские черви – планарии	Водяной ослик (Asellus)	Олигохеты

При определении индекса Майера следует отметить, какие из приведенных в таблице групп обнаружены в пробах. Затем количество найденных групп из первого раздела необходимо умножить на 3, количество групп из второго раздела – на 2, а из третьего раздела – на 1.

Получившиеся цифры складывают:

$$IM_{TV} = X \times 3 + Y \times 2 + Z \times 1, \quad (6)$$

где X – обитатели чистых вод,

Y – обитатели умеренно загрязнённых вод,

Z – обитатели загрязнённых водоёмов.

По значению суммы IM_{TV} (в баллах) оценивают степень загрязнённости водоема (табл. 5.30).

Индекс Гутнайта-Уитлея (GW). Этот простой, широко известный и надёжный показатель состояния вод, особенно хорош при оценке загрязнения органическими веществами. Значение индекса равно отношению количества обнаруженных в пробе олигохет (N_o) к общему количеству организмов (N_{ex}), включая и самих червей, в %:

$$GW = N_o / N_{ex} \times 100 (\%), \quad (7)$$

где N_o – численность олигохет,

N_{ex} – общая численность организмов в пробе.

Таблица 5.30

**Категории качества воды по индексу Майера
(модификация Т.С. Вшивковой) (IM_{TV})**

Значения индекса, баллы	Класс качества	Категория качества вод	Цвет кодировки
Более 22	1 класс	Чистые	Голубой
17–21	2 класс	Слабо загрязнённые	Зелёный
11–16	3 класс	Умеренно загрязненная	Жёлтый
Менее 11	4–7 класс	Грязные	Оранжевый
Менее 4	0–3	Очень грязные	Красный

При этом состояние реки считается хорошим, если индекс GW меньше 60%, сомнительным – при GW в пределах 60–80%, река тяжело загрязнена при GW выше 80% (табл. 5.31).

Таблица 5.31

Значения индекса Гуднайта–Уитлея (GW) и класс качества воды

Значение индекса, %	Степень загрязнения воды	Класс качества
Менее 30	Отсутствие загрязнения	1–2
30–60	Незначительное	2–3
60–70	Умеренное	3–4
70–80	Значительное	4–5
Более 80	Сильное	5–6

Индексы Пареле (IP_1 , IP_2). Э.А. Пареле применила данные индексы для крупных (IP_1) и малых водотоков (IP_2). Индекс IP_1 (7) был опробован на крупных реках Русской равнины, где хорошо себя зарекомендовал. Индекс основан на отношении численности олигохет семейства тубифицид к суммарной численности всех олигохет (Макрушин, 1978). Значения индекса IP_1 и соответствующие им категории качества воды приведены в табл. 5.32.

$$IP_1 = \frac{N_{tbf}}{N_o}, \quad (8)$$

где N_{tbf} – численность тубифицид,

N_o – общая численность всех олигохет.

Таблица 5.32

**Индекс Пареле (IP_1) для крупных рек и соответствующие
категории качества вод**

Значения индекса IP_1	Категории качества	Цвет кодировки
Менее 0,3	Относительно чистые	Голубой
0,3 – 0,54	Слабо загрязнённые	Зелёный
0,55 – 0,79	Загрязнённые	Жёлтый
0,8 – 1,0	Сильно загрязнённые	Красный

В малых быстротекущих водотоках с разнообразной донной фауной предлагается использовать коэффициент IP_2 – соотношение численности тубифицид и всего бентоса в пробе. Этот индекс применялся Э.М. Пареле при исследовании малых водотоков Латвии:

$$IP_2 = \frac{N_{tbf}}{N_{ex}}, \quad (9)$$

где N_{tbf} – численность тубифицид,

N_{ex} – общая численность бентоса.

Значения индекса и соответствующие им категории качества воды приведены в табл. 5.33.

Таблица 5.33

Индекс Пареле (IP_2) для малых рек и соответствующие категории качества вод

Значения индекса IP_2	Категории качества вод	Цвет кодировки
0,01–0,16 (1–16%)	Очень чистая вода	Белый
0,17–0,33 (17–33%)	Чистая	Голубой
0,34–0,50 (34–50%)	Слабозагрязнённая	Зелёный
0,51–0,67 (51–67%)	Загрязнённая	Жёлтый
0,68–0,84 (68–84%)	Грязная	Красный
0,85–1,0 свыше 85%	Очень грязная	Чёрный

Индекс В/Р (*Bivalvia/Pulmonata*). Для оценки качества вод в стоячих водоёмах в качестве показателя загрязнения можно использовать отношение встречаемости на единицу площади двухстворчатых моллюсков к легочным, индекс В/Р:

$$\frac{B}{P} = \frac{N_1}{N_2}, \quad (10)$$

где N_1 – численность двухстворчатых моллюсков,

N_2 – численность лёгочных моллюсков.

В водоемах с умеренным органическим загрязнением $M > 1$ или $= 1$, со значительным загрязнением в водоеме $M < 1$. При сильных загрязнениях в водоеме будут присутствовать только легочные моллюски.

Индекс Балушкиной (IB). Е.В. Балушкина (1987) предложила оценивать загрязненность воды по соотношению численности представителей отдельных подсемейств хирономид с помощью следующего индекса:

$$IB = \frac{a_T + 0,5a_{ch}}{a_o}, \quad (11)$$

где a_T , a_{ch} и a_o – вспомогательные величины для подсемейств *Tanypodinae*, *Chironominae*, *Orthocladiinae* соответственно.

Вспомогательные величины рассчитываются по сумме численности N представителей каждого из подсемейств, выраженной в процентах от общей численности хирономид и слагаемого 10, иначе говоря, $a = N + 10$. Подобранный эмпирически число 10 ограничивает пределы возможных значений, определяя оптимальное соотношение градаций индекса и степени его чувствительности. Влия-

ние относительной численности особей подсемейства *Chironominae* снижено вдвое на том основании, что в наиболее чистых водах относительная численность *Orthocladinae* + *Diamesinae* иногда может приближаться к 100% (без учета зарослевых форм), в наиболее грязных относительная численность *Tanypodinae* может составлять до 100%. Тенденция увеличения относительного количества *Chironominae* по мере загрязнения выражена в меньшей степени, и их индикаторное значение в целом ниже, что и нашло отражение в уменьшении. Значения индекса и соответствующие категории качества воды приведены в табл. 5.34.

Таблица 5.34

Индекс Балушкиной (IB) и соответствующие категории качества вод

Значения индекса IB	Категории качества вод	Цвет кодировки
0,136–1,08	Чистые воды	Голубой
1,08–6,5	Умеренно загрязненные	Зелёный
6,5–9,0	Загрязнённые	Жёлтый
9,0–11,5	Грязные	Красный

5.5. Оценка качества вод по комплексным показателям

5.5.1. Интегральные индексы

Гидробиологические наблюдения за состоянием пресноводных экосистем обычно проводятся по основным экологическим сообществам: фитопланктону, зоопланктону, перифитону и зообентосу. По данным наблюдений рассчитываются обобщенные гидробиологические индексы, на основе которых проводится оценка качества вод по пятибалльной шкале: от I класса – «условно чистые» до V класса – «экстремально грязные». Влияние загрязнения на состояние водных объектов можно выразить также через категории экологических градаций: «экологическое благополучие»; «антропогенное экологическое напряжение»; «антропогенный экологический регресс»; «антропогенный метаболический регресс». Применение различных подходов для оценки качества поверхностных вод – по шкале качества вод и категории экологических градаций состояния экосистем – даёт возможность объективно оценивать состояние водных объектов суши.

Существуют подходы оценки качества вод, предусматривающие одновременное использование нескольких показателей, которые включают либо несколько биологических показателей (ИБС), либо комплекс гидрохимических и биологических показателей (ИИЭС).

Интегральный индекс экологического состояния (ИБС). Индекс ИБС учитывает такие гидробиологические параметры, как численность и биомасса бентоса; число видов в сообществе, видовое разнообразие, оцениваемое по индексу Шеннона; биотический индекс Вудивисса и олигохетный индекс Пареле. Интегральный индекс (ИБС) рассчитывается по формуле:

$$\text{ИБС} = \frac{\sum B_i}{N_b}, \quad (12)$$

где B_i – биологические показатели, выраженные в относительных единицах по 4-балльной шкале;

N_b – количество отобранных биологических показателей.

Индекс экологического состояния по Т.Д. Зинченко и Л.А. Выхристюк (ИИЭС). Комплексная оценка речной системы может осуществляться на основе интегрального индекса экологического состояния экосистемы – ИИЭС; что дает возможность оценить суммарный эффект воздействия загрязнения на сообщества гидробионтов и на экосистему в целом [12]. Основной подход к построению индекса заключается в следующем:

- выделяется некоторое базовое подмножество измеряемых или рассчитываемых показателей гидрохимического (табл. 5.35) и биологического (табл. 5.36) мониторинга;
- каждый показатель делится на диапазоны (с использованием статистических методов или экспертных оценок);
- каждому выделенному диапазону ставится в соответствие оценка в баллах;
- для каждого тестируемого объекта (например, участка реки) индекс определяется как усредненная сумма всех показателей в баллах.

Таблица 5.35

Градации концентраций химических веществ и их балльная оценка

Показатели	Размерность	Баллы			
		1	2	3	4
		Пределы изменения концентраций			
Химическое потребление кислорода (ХПК)	мг О/л	> 60	31–60	20–30	< 20
Азот аммонийный $N - NH_4^+$	мг /л	> 2,5	0,51–2,5	0,20–0,5	< 0,20
Азот нитратный $N - NO_3^-$	мг /л	> 2,5	0,71–2,5	0,30–0,70	< 0,30
Азот нитритный $N - NO_2^-$	мг /л	> 0,1	0,021–0,1	0,005–0,02	< 0,005
Фосфаты $P - PO_4^{3-}$	мг /л	> 0,3	0,101–0,3	0,03–0,1	< 0,03
Фенолы	мкг /л	> 10	1–10	следы	0

Таблица 5.36

Градации биологических показателей для вычисления балльной оценки

Показатели	Размерность	Баллы			
		1	2	3	4
		Пределы изменения показателей			
Численность макрозообентоса N_{ex}	экз./м ²	1–5,0	5,1–10,0	10,1–15,0	> 15,0
Биомасса B	г/м ²	0–5	6–10	11–15	> 15

Окончание табл. 5.36

Показатели	Размерность	Баллы			
		1	2	3	4
		Пределы изменения показателей			
Количество видов N_s	экз.	0–1,0	1,1–2,0	2,1–3,0	> 3,0
Индекс видового разнообразия Шеннона H	бит/экз.	0–2	2–4	4–6	>6
Биотический индекс V	-	0,81–1,00	0,56–0,80	0,30–0,55	< 0,30
Индекс Пареле IP	-	1–5,0	5,1–10,0	10,1–15,0	> 15,0

ИИЭС учитывает обе основные составляющие качества пресноводной экосистемы (*химическую* и *биологическую*), выраженные в относительных единицах (баллах):

$$ИИЭС = \frac{(N_s \cdot B_i + N_s \cdot H_i)}{(N_b + N_h)}, \quad (13)$$

где N_s – количество видов,

B_i – биологические показатели;

H_i – гидрохимические показатели;

N_h и N_b – количество показателей каждого класса, включенных в расчет.

При составлении списка гидрохимических показателей в основу формирования балльной системы взята работа О.П. Окснюк [17].

В число отобранных биологических характеристик включены наиболее широко употребляемые показатели, характеризующие состояние донных сообществ. При расширении анализируемых групп организмов за счёт, например, зоопланктона таблица 5.36 может претерпеть естественные количественные и качественные изменения.

В таблице 5.37 приведены значения индекса ИИЭС и соответствующие им категории вод.

Таблица 5.37

Категории экологического состояния водоёма по индексу ИИЭС

Значения индекса ИИЭС	Категории экологического состояния водоёма	Цвет кодировки
< 2	Зона относительного экологического благополучия	Голубой
		Зелёный
2–	Зона экологического кризиса	Жёлтый
> 3	Зона экологического бедствия	Красный

5.5.2. Заключительный этап оценки экологического состояния по международным и российским стандартам

Классификация, основанная на предложениях Европейской Рамочной водной директивы

После анализа всего материала определение уровня загрязнения, включая оценку физико-гидрологических, химико-микробиологических и биологических показателей, можно провести на основе классификации, основанной на предложениях Европейской Рамочной водной директивы (WFD) (табл. 5.38).

Таблица 5.38

Общая классификация экологического состояния сообществ реки

Качество	Характеристика экологического состояния					
	1	2	3	4	5	6
Цвет	Синий	Зелёный	Жёлтый	Оранжевый	Красный	Чёрный
Степень отклонения	Отсутствие, или очень незначительные изменения Ф, ГМ, Х, М и Б, показателей качества (<u>эталонный участок</u>)	Слабое отклонение Х и Б показателей качества от <u>эталонных</u> значений	Умеренное отклонение Х и Б показателей качества от <u>эталонных</u> значений	Значительное отклонение Х, М и Б показателей качества от <u>эталонных</u> значений	Критическое отклонение Х, М и Б показателей качества от <u>эталонных</u> значений	Катастрофическое отклонение Х, М и Б показателей качества от <u>эталонных</u> значений, фактически коллапс экосистемы

Примечание: 1 – высокое, 2 – хорошее, 3 – невысокое, 4 – низкое, 5 – плохое, 6 – катастрофическое состояние; показатели: Б – биологические, ГМ – гидроморфологические, Х – химические, М – микробиологические, Ф – физические факторы.

Комплексная оценка качества вод по российским государственным стандартам (ГОСТ 17.1.3.07–82). Классы качества воды по гидробиологическим и микробиологическим показателям в нашей стране определяются «Правилами контроля качества воды водосливов и водотоков» (ГОСТ 17.1.3.07–82), регламентирующими содержание программ контроля гидрологических, гидрохимических и гидробиологических показателей, периодичность контроля, а также назначение и расположение пунктов отбора проб.

Данные табл. 5.39 позволяют произвести комплексную оценку качества вод. Как видно из таблицы, в российском государственном мониторинге спектр гидробиологических показателей для оценки качества водных объектов чрезвычайно узок – используются всего два индекса: *индекс Гутнайта-Уитлея* и *индекс Вудивисса*; кроме того, не существует рекомендаций по отбору проб на водоемах и водотоках разных типов, а также их структурных участках, что значительно снижает качество оценок.

Таблица 5.39

**Классификация качества воды водоёмов и водотоков
по гидробиологическим и микробиологическим показателям
(ГОСТ 17.1.3.07–82)**

Класс качества воды	Степень загрязнённости	Гидробиологические показатели			Микробиологические показатели		
		По фитопланктону, зоопланктону, перифитону	По зообентосу		Общее количество бактерий, 10^6 кл/см ³ (кл/мл)	Количество сапрофитных бактерий, 10^3 кл/см ³ (кл/мл)	Отношение общего количества бактерий к количеству сапрофитных бактерий
		Индекс сапробности по Пентле и Букку (в модификации Сладчека)	Общее отношение численности олигохет к общей численности донных организмов, %	Биотический индекс по Вудивиссу, баллы			
I	Очень чистые	Менее 1,0	1–20	10	Менее 0,5	Менее 0,5	Менее 10^3
II	Чистые	1,0–1,5	21–35	7–9	0,5–0,1	0,5–5,0	Более 10^3
III	Умеренно-загрязнённые	1,51–2,5	36–50	5–6	1,1–3,0	5,1–10	10^3 – 10^2
IV	Загрязнённые	2,51–3,50	51–65	4	3,1–5,0	10,1–50,0	Менее 10^2
V	Грязные	3,51–4,0	66–85	2–3	5,1–10,0	50,1–100,0	Менее 10^2
VI	Очень грязные	Более 4,0	86–100 или макробентос отсутствует	0–1	Более 10,0		Менее 10^2

Примечание: допускается оценивать класс качества воды как промежуточный между вторым и третьим (II–III), третьим и четвертым (III–IV), четвертым и пятым (IV–V).

После определения качества воды в исследованных водных объектах можно приступать к подготовке общего заключения в форме протокола научно-исследовательской или общественной экологической экспертизы. Полезным представляется размещение данных на экологических картах различных экопорталов, например, Дальневосточного экологического портала <http://east-eco.com>. Результаты исследований рекомендуется оформлять также в виде экологических карт, где протестированные участки отмечаются различными цветами, соответствующими градациям качества воды.

Результаты ваших исследований рекомендуется направлять в Международный центр экологического мониторинга Федерального научного центра Биоразнообразия ДВО РАН (где формируется база данных по экологическому состоянию пресноводных ресурсов Дальневосточного региона)¹ и государственные организации, осуществляющие мониторинг и надзор за состоянием окружающей среды. Желательно информировать общественность о результатах исследований качества вод, так как население, проживающее в бассейнах загрязнённых водных экосистем, находится в зоне потенциальной экологической опасности.

¹ e-mail: cleanwater@biosoil.ru; +7(924)2408457.

Часть II. ВОДНЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ – ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ

**Глава 6. Основные группы донных
беспозвоночных.**

**Глава 7. Водные насекомые –
индикаторы качества воды**

Глава 6. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

6.1. Классификация водных беспозвоночных

Беспозвоночные в водоёмах представлены большим количеством разнообразных групп организмов – от мельчайших микроскопических инфузорий до крупных животных типа речных раков или огромных двустворчатых моллюсков. Сосредоточим внимание на тех, кого легче всего использовать при тестировании качества вод. Это крупные представители бентоса – *макрозообентос*, самый удобный «инструмент» биомониторинга, позволяющий быстро определить здоровье водоёмов и водотоков. К макрозообентосу относятся организмы более 2 мм, такие, как моллюски, черви (нематоды, олигохеты, турбеллярии), пиявки, гидры, губки, мшанки, ракообразные, водяные клещи и личинки водных (амфибиотических) насекомых.

Ниже представлен список групп беспозвоночных, которых вы можете найти в наших озёрах и речках.

6.2. Основные группы зообентоса

Основные группы водных беспозвоночных континентальных вод:

ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ – ANIMALIA

Тип ГУБКИ – PORIFERA или SPONGIA

Класс Обыкновенные губки – Demospongiae

Тип СТРЕКАЮЩИЕ – CNIDARIA

Класс Гидроидные – Hydrozoa

Тип КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ – NEMATODA, NEMATHELMINTHES

Тип ВОЛОСАТИКИ – NEMATOMORPHA

Тип ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ – PLATHELMINTHES

Класс Ресничные черви или Турбеллярии – Turbellaria

Класс Пресноводные волосатики – Gordioidea

Тип КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ – ANNELIDA

Класс Поясковые черви – Clitellata

Подкласс Малощетинковые черви – Oligochaeta

Подкласс Пиявки – Hirudinea

Тип МОЛЛЮСКИ – MOLLUSCA

Класс Брюхоногие – Gastropoda

Класс Двустворчатые – Bivalvia

Тип МШАНКИ – BRYOZOA

Тип ТИХОХОДКИ – TARDIGRADA

Тип ЧЛЕНИСТОНОГИЕ – ARTHROPODA

Подтип РАКООБРАЗНЫЕ – CRUSTACEA

Класс Жаброногие – Branchiopoda

Класс Максиллоподы – Maxillopoda

Класс Остракоды – Ostracoda

Класс Высшие раки – Malacostraca

Подтип ХЕЛИЦЕРОВЫЕ – CHELICERATA

Класс Паукообразные – Arachnida

Подкласс Клещи – Acari

Надотряд Акариформные – Acariformes
Отряд Водные клещи – Hydracarina
Подтип ТРАХЕЙНЫЕ – TRACHEATA
Надкласс Шестиногие – Hexapoda
Класс Скрыточелюстные – Entognatha
Класс Насекомые – Insecta

6.2.1. Губки – Porifera (Spongia)

Тип: Губки – Porifera или Spongia

Класс: Обыкновенные губки – Demospongiae

Отряд: Кремнегоровые – Haplosclerida

Большинство современных губок относятся к классу обыкновенных губок (Demospongiae), отряду кремнегоровых (Haplosclerida). Наиболее известные пресноводные губки – бодяги (рис. Ц7). Губки – очень своеобразная группа низших многоклеточных (Metazoa). От всех других Metazoa они отличаются уникальной анатомической организацией и развитием. Губки не имеют нервной системы, основную часть их тела составляет мезохил (паренхима), где располагаются различно дифференцированные клетки, которые можно свести к двум морфологическим типам: амёбоидным и жгутиковым. Снаружи губка покрыта дермальной двуслойной мембраной. Скелет губок построен из кремниевых спикул и белка спонгина.

Губки обитают в речках, крупных ручьях, проточных прудах, в прибрежных частях озёр на твердых предметах. Они напоминают матовые корки бежевого, светло-зелёного цветов, жёлтого или коричневого цвета. Зелёный цвет имеют те, кто обитает на хорошо освещённых местах, бежевый – в затенённых. Образ жизни – сидячий. Губки – биофильтраторы. Для нормальной жизнедеятельности им необходимы растворённые в воде органические вещества; вместе с током воды в тело губки поступает кислород. Фильтруя воду, они способны накапливать в высоких концентрациях различные элементы (Cu, Zn, Cd, Pb, Hg, Ni, Co, Cr, Mo, Sn, As и др.), очищать воду и способствовать улучшению санитарного состояния и оздоровлению водной среды. За свою жизнь каждая губка процеживает огромное количество воды.

Питаются губки взвешенными в воде частицами, клетками различных бактерий, микроскопическими водорослями, грибами, зоопланктоном.

Толерантная способность. Губки толерантны к ксенобиотикам (соли многих тяжёлых металлов) и способны накапливать их в высоких концентрациях. Эта способность определяет их значение как оздоравливающих компонентов пресноводных экосистем и биологических индикаторов химического загрязнения. Элементы минерального скелета пресноводных губок – кремневые спикулы, быстро реагируют на загрязнение воды, в результате в развитии спикул возникают аномалии (тератоморфные изменения). Количественные характеристики тератоморфных изменений спикул могут использоваться как показатель уровня химического загрязнения воды.

6.2.2. Стрекающие

Тип: Стрекающие или Книдарии – Cnidaria

Класс: Гидроидные – Hydrozoa

Отряд: Антеотекаты – Anthoathecata

Семейство: Гидроиды – Hydridae

Род: Гидры – *Hydra* Linnaeus, 1758

Гидры (Hydra) – род пресноводных сидячих кишечнополостных, одиночных малоподвижных полипов (рис. Ц8). Они относятся к огромной группе кишечнополостных животных, из которых только гидры смогли приспособиться к жизни в пресных водоёмах. Пресноводные гидры очень небольшие (от 1 до 20 мм), полупрозрачные. При опасности сильно уменьшаются в размерах, поэтому их трудно обнаружить; при нападении на жертву щупальца способны вытягиваться на несколько сантиметров. Тело обыкновенной гидры имеет почти правильную цилиндрическую форму. На одном конце находится *рот*, окруженный венчиком из 5–12 тонких длинных щупалец, другой конец вытянут в виде стебелька с *подошвой* на конце. Гидра обладает радиальной (одноосно-гетеропольной) симметрией. Ось симметрии соединяет два полюса – оральный, на котором находится рот, и аборальный, на котором находится подошва. При помощи подошвы гидра прикрепляется к различным подводным предметам. Как у всех книдарий, у гидр имеются стрекательные капсулы (*нематоцисты*); их набор (*книдом*) включает 4 основных вида капсул (*стенотелы*, *десмонемы*, *голотрихи изоризы*, *изоризы атрихи*), которые используются при произведении выстрела во время опасности или нападении на жертву. Гидры размножаются почкованием и половым путём. Оплодотворённые яйца гидры приступают к дроблению и гастрюляции, находясь, как правило, на теле материнского организма; здесь же развивается наружная оболочка, после чего зародыш отваливается и падает на дно водоёма или может долго находиться на материнском теле. У гидр очень развита способность к регенерации.

Гидры обитают в чистых стоячих водоёмах и реках с медленным течением и прозрачной водой, хорошо развиваются в аквариумах. Они прикрепляются к водным растениям, корням ряски, стеблям, листьям или грунту.

Гидры – хищники, питаются мелкими животными, захватывая их щупальцами.

Толерантная способность. Очень чувствительны к загрязнениям. Используются как хороший тест-объект в биотестировании для оценки токсичности природных и сточных вод и отдельных загрязняющих веществ, а также в целях токсикологического контроля и нормирования загрязнений рыбохозяйственных водоёмов.

6.2.3. Нематоды

Тип: Круглые черви – Nematoda, Nemathelminthes

Нематоды – одна из самых распространённых групп беспозвоночных (рис. Ц9). Большая часть представлена паразитирующими формами и около 1/3 – свободноживущими. В пресных водах часто можно встретить представителей паразитического отряда Mermithida. Свободные стадии этих червей, достигающие 5–50 мм, нередко попадают в гидробиологических сборах. Тело покрыто плотной кутикулой, гладкой либо так или иначе орнаментированной (кольца, склероции, продольные рёбра). Ротовое отверстие (стома) расположено терминально и может быть окружено головными щетинками. По бокам головы на уровне стомы располагаются органы хеморецепции – *амфиды*. Пищеварительная система состоит из ротовой полости, пищевода, средней кишки и ректума, которому иногда предшествует преректум. Нематоды раздельнополые животные. Органов дыхания нет. Органы выделения своеобразны, имеют форму полых трубок, проходящих в боковых полях и открывающихся одной общей

порой у переднего конца тела на брюшной стороне. Помимо этой части выделительной системы у нематод имеется и другая – фагоцитарная, изолирующая продукты клеточного распада и посторонние образования. Нервная система также своеобразна состоит из окологлоточного кольца из нервных клеток и нервных волокон, а также из отходящих от него продольных нервных тяжей. Специальных органов чувств обычно нет, иногда у свободноживущих имеются пигментированные глазки, а также в коже отдельные нервные окончания и чувствительные щетинки и сосочки, особенно в головном и анальном концах тела. Самки обычно крупнее самцов. Свободноживущие нематоды откладывают очень мало яиц по сравнению с паразитическими.

Пресноводные нематоды живут в различных типах водоёмов и водотоков, в свободном состоянии их можно встретить на различных грунтах, особенно многочисленны на песчаных субстратах.

Нематоды питаются в основном бактериями, водорослями, детритом; есть среди них и хищники, многие – паразиты животных, грибов и растений.

Толерантная способность. Пресноводные нематоды успешно используются как индикаторы качества вод, однако, будучи очень мелкими организмами, неудобны для использования в общественном мониторинге.

6.2.4. Волосатики

Тип: Волосатики – Nematomorpha

Класс: Волосатики – Gordioidea

Отряд: Гордеи – Gordea

Семейство: Гордиевые – Gordiidae

Род: Гордиус – *Gordius*

Волосатики – свободноживущие (во взрослой фазе) в пресной воде черви, в неполовозрелой фазе паразитируют на насекомых и ракообразных. Тело взрослого волосатика (народное название «живой волос», «конский волос») от нескольких сантиметров до 1,5 м, толщина 0,5–2 мм (рис. Ц10). Окраска от белого до светло-коричневого цвета и почти чёрного. Нитевидное тело волосатика, покрытое плотной кутикулой, на всем протяжении одинаковой толщины; самец на заднем конце имеет небольшую развилку, лопасти которой охватывают при копуляции задний конец тела самки. Вдоль спинной стороны тела обычно имеется довольно широкая тёмная полоса (такая пигментация особенно развита у волосатиков из мелких горных ручьев). Ротового отверстия у взрослого волосатика нет, передний конец, как правило, сужен или несёт светлоокрашенную шапочку – *калотту*. Органов дыхания у волосатика не имеется, он дышит всей поверхностью тела. Движение волосатика очень характерно: может плавать змеевидно, но чаще медленно ползает по дну, извиваясь во все стороны, а иногда свивается в клубок, образуя причудливые петли и как бы завязываясь вокруг себя. Иногда можно видеть несколько волосатиков, сбившихся в клубок. Обычно самки значительно толще самцов, что хорошо заметно в пробах, где имеются особи обоих полов.

Волосатики обитают в озерах и речках, их можно найти среди растительности при внимательном осмотре дна или среди детрита, скапливающегося в углублениях дна. В связи с неразработанностью систематики волосатиков точное их определение до вида затруднено. Немецким специалистом А. Schmidt-Rhaesa из Приморья (район Милоградовки) был описан новый вид волосатика *Gordius zwicki* (Schmidt-Rhaesa, 2010).

Передний конец кишечника у взрослых волосатиков зарастает, таким образом, в этом возрасте они не способны питаться и живут за счет веществ, накопленных ими во время пребывания в теле хозяина.

Толерантная способность. Предпочитают чистые воды, но могут выдерживать умеренные загрязнения.

6.2.5. Плоские черви

Тип: Плоские черви – Plathelminthes

Класс: Ресничные черви или Турбеллярии – Turbellaria

Отряд: Сериаты – Seriata

Подотряд: Трёхветвистокишечные – Tricladida

Надсемейство: Планариевые – Planarioidea

Семейство: Планарии – Planariidae

Планарии – группа плоских червей, тело которых покрыто ресничным эпителием (рис. Ц11). Форма тела червеобразная, передний конец расширен, задний обычно сужен и заострен. В поперечном сечении тело у небольших форм округлое или слегка сплющенное, у крупных представителей Tricladida сильно сплющенное, листовидное. Обычно планарии бледного серо-белого, буровато- или темно-серого цвета. Длина тела не превышает 1 см (за исключением байкальских планарий, которые могут достигать более крупных размеров). Тело покрыто слизью, которая смазывает и защищает поверхность тела, оставляет на субстрате след, служащий опорой ресничкам. Для турбеллярий, как и для остальных плоских червей, характерен замкнутый кишечник без анального отверстия. В связи с отсутствием анального отверстия непереваренные остатки пищи выводятся через рот, который расположен на брюшной стороне тела. Газообмен осуществляется через тонкие покровы тела. Половой аппарат у турбеллярий устроен очень сложно и разнообразно и имеет большое значение для диагностики. Ресничные черви – гермафродиты, у каждой особи более или менее одновременно развиваются мужские и женские половые органы. У турбеллярий очень хорошо развита способность к регенерации.

Обитают в текущих и стоячих водотоках. Обычны в верховьях холодноводных быстротоков, в родниках в области эу- и гипокренали. В наших речках часто встречаются в верховьях рек и ручьёв планарии рода *Phagocata* белого, серого или тёмно-серого цвета.

Планарии – хищники, питаются мелкими беспозвоночными, захватывая добычу с помощью выдвигающейся глотки, которая может выпячиваться наружу наподобие трубки. Кишечник имеет чрезвычайно разветвленную форму, которую особенно хорошо можно наблюдать у молочно-белой планарии, если смотреть на нее в лупу в проходящем свете.

Толерантная способность. Планарии очень чувствительны к загрязнениям и являются индикаторами чистых вод.

6.2.6. Олигохеты

Тип: Кольчатые черви – Annelida

Класс: Поясковые черви – Clitellata

Подкласс: Малощетинковые черви – Oligochaeta

Малощетинковые кольчатые черви – олигохеты (трубочник), червеобразные животные, принадлежащие классу поясковых червей. Характерной особенностью строения олигохет является метамерия, т.е. правильная повторяемость органов вдоль оси тела животного. Внешне это выражается в том, что всё червеобразное тело поделено перетяжками на отдельные участки – кольца, называемые сегментами или сомитами («члениками»); сегменты тела снабжены пучками щетинок. Обычно серо-белого, розоватого цвета (рис. Ц12). Ротовое отверстие помещается на брюшной стороне I сегмента. Пищеварительный канал в виде трубки тянется через всё тело. Кровеносная система олигохет замкнутая и состоит из кишечного синуса, спинного, брюшного и кольцевых сосудов. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела. Выделительная система представлена нефридиями. Центральная нервная система представлена нервной цепочкой; органы чувств развиты слабо. Половая система гермафродитна. Для половозрелых особей характерно наличие *пояска*, утолщения кожного эпителия в нескольких сегментах, вызванного сильным развитием желёз. Большинство водных олигохет имеет размеры от нескольких миллиметров до 10–15 см.

Живут в различных типах водоёмов. Предпочитают участки дна с мягкими грунтами. В сильно загрязнённых водоёмах, в городских реках и прудах количество олигохет-трубочников может достигать более ста тысяч на 1 м² дна, но их бывает достаточно и на дне умеренно загрязнённых рек, озёр и водохранилищ: сотни и тысячи на квадратный метр.

Питаются полуразложившейся органической массой, отлагающейся на дне водоёмов, поэтому их называют *грунтоедками*. Олигохеты играют важную роль в питании рыб, тем более что тело их, богатое ценными питательными веществами, очень легко и быстро переваривается. Трубочники – хороший корм для аквариумных рыб.

Толерантная способность. Многие виды легко переносят загрязнения и недостаток кислорода; массовое развитие олигохет в пресных водах указывает на высокий уровень загрязнений, особенно органических. Вместе с личинками двукрылых хирономид они образуют *олигохетно-хирономидный комплекс* (O-Ch), который доминирует в донных сообществах загрязнённых вод, богатых органикой, концентрация растворённого кислорода в которых очень низка.

6.2.7. Пиявки

Тип: Кольчатые черви – Annelida

Класс: Поясковые черви – Clitellata

Подкласс: Пиявки – Hirudinea

Пиявки – подкласс кольчатых червей из класса поясковых, червеобразные животные, крупнее олигохет, с уплощенным телом и более толстыми кожными покровами, чем у олигохет (рис. Ц13). Характерной особенностью является наличие присосок на переднем и заднем концах тела. Эпителий выделяет наружу плотную кутикулу и содержит массу слизистых и пигментных клеток. Ротовая полость с хоботком или кутикулярными челюстями в виде зубчиков. Хорошо развиты глаза, сосредоточенные на переднем конце тела или по окружности задней присоски – как у некоторых рыбьих пиявок. Число и расположение глаз является важным таксономическим признаком. У некоторых настоящих пиявок часть глотки превратилась в хобот, у других – развились челюсти.

Большинство представителей обитают в пресных водоёмах, но некоторые виды могут жить в водоёмах со слабой солёностью.

Хищники. Питаются кровью позвоночных, моллюсков, червей и т.д., высасывают кровь и другие жидкости из тела жертвы. Встречаются виды, которые заглатывают добычу целиком, например, личинок комаров, дождевых червей. В кишечнике пиявки кровь переваривается медленно, поэтому, насытившись, пиявка может долго оставаться без пищи – иногда до полутора лет. Мелкую добычу пиявки поедают целиком.

Толерантная способность. Толерантны к органическим загрязнениям. Увеличиваются количественно в слабо- и умеренно-загрязнённых водоёмах. Способны накапливать соли тяжёлых металлов.

6.2.8. Мшанки

Тип Мшанки – Ectoprocta или Bryozoa

Класс: Покрыторотые – Phylactolaemata

Пресноводные *мшанки* – сидячие, колониальные животные (рис. Ц14). Колония мшанок состоит из многочисленных зооидов микроскопических размеров. Колонии представляют кустистые, массивные, сетчатые образования. Отличаются от губок наличием небольших щупалец. Их размеры небольшие – около сантиметра или меньше. Колонии мшанок бывают двух основных форм – корковидной или кустистой. Колония, называемаяся *зоариум*, состоит из отдельных особей – *зооидов*, число которых может достигать до миллиона. Каждый зооид имеет сложное строение и состоит из 2–3 отделов, он заключён в известковую, хитиноидную или студенистую ячейку (*зооеций*, *цистид*). Через отверстие зооеция выдвигается передняя часть тела зооида (*полипид*), несущая ротовое отверстие с венчиком реснитчатых щупалец (лофофором) и детрит. В связи с сидячим образом жизни внутреннее строение у мшанок упрощено. Тело несегментированное; пищеварительный тракт U-образный. Анальное отверстие расположено на спинной стороне, неподалеку от рта, но вне *лофофора*, отсюда научное название типа – «Ectoprocta» (от гр. *ektos* – снаружи, *proktos* – анальное отверстие). Кровеносной, дыхательной и выделительной систем нет. Дыхание осуществляется через поверхность тела, особенно через щупальца. Функции крови выполняет жидкость целома. Выделение идёт через кишечник. Нервная система состоит из одного ганглия и отходящих от него нервов.

Живут преимущественно на слабоосвещённых нижних поверхностях различных объектов. Субстратом для мшанок, как и для губок, служат камни, водная растительность, коряги и другие погружённые предметы.

Мшанки – типичные фильтраторы. Питаются водорослями, простейшими и другими мелкими животными или органическими частицами, улавливаемыми из тока воды, который создают, двигая ресничками на щупальцах. Важная роль мшанок в водных биоценозах проявляется в ускорении минерализации органического вещества и, соответственно, в процессах самоочищения воды, в переводе взвешенного органического вещества, фито- и бактериопланктона в доступную для потребления другими организмами форму.

Толерантная способность. Предпочитают чистые, незагрязнённые воды.

6.2.9. Моллюски

Тип: Моллюски – Mollusca

Моллюски характеризуются тем, что их тело заключено в кальцинированную двустворчатую (Bivalvia) (рис. Ц15), закрученную спирально или колпачковидную раковину (Gastropoda) (рис. Ц16).

Класс: Брюхоногие моллюски – Gastropoda

Тело *брюхоногого моллюска* состоит из *головы, ноги и внутренностного (висцерального) мешка*, покрытого мантией и заключённого в спирально закрученную или колпачковидную раковину. Голова несёт ротовое отверстие, а также пару неветвящихся щупалец, у основания которых расположены глаза. Узкий замкнутый конец раковины называется *вершиной*, на противоположном конце раковина открывается *устьем*. Форма раковины бывает 4 типов: колпачковидная, неритоидная (полусферовидная или полуяйцевидная), турбоспиральная и плоскоспиральная.

Распространены в различных водоемах, даже небольших, временных. Многочисленны в водотоках. Их распространение, как и двустворчатых моллюсков, зависит от химизма воды, в частности от pH, так как при пониженных значениях pH кальцевая раковина начинает растворяться.

Брюхоногие моллюски питаются, соскабливая налет водорослей и бактерий с водных растений, камней и других субстратов. По типу питания – *скребущие*.

Класс: Двустворчатые моллюски – Bivalvia

Двустворчатые моллюски имеют мягкое тело с раковинной, состоящей из двух створок. Створки на спинной стороне связаны эластичной перемычкой – *лигаментом*; плоскость их смыкания называется *комиссуральной плоскостью*. Листки мантии, покрывающие мягкое тело моллюска, часто срастаются в нескольких местах, оставляя три отверстия: большое – для ноги, два маленьких – для жаберного и анального сифонов.

Встречаются в разнотипных водоёмах и водотоках. Ведут малоподвижный образ жизни, зарываясь в грунт.

Питаются взмученным детритом и микропланктоном. Относятся к категории *фильтраторов*. Выполняют важную функцию очищения воды рек и озёр.

Толерантная способность. Многие представители двустворчатых моллюсков предпочитают чистые воды или способны переживать незначительные загрязнения. Брюхоногие способны выдерживать существенные загрязнения, но при очень сильном либо вымирают, либо меняют место обитания.

6.2.10. Тихоходки

Тип: Тихоходки – Tardigrada

Тихоходки, или, как их иногда называют, «водные медвежата», «моховые поросята», – удивительные, слабо изученные животные. В мире известно более 900 видов тихоходок (рис. Ц17). Тихоходок относят к трем классам: Heterotardigrada и Eutardigrada; третий – Mesotardigrada, состоит всего из одного вида. Heterotardigrada имеют склеротизованные покровы, голова снабжена 2 усиками, конечности имеют по 4 пальца и/или когтя; у Eutardigrada нет усиков на голове и покровы эластичные.

Распространены они повсеместно, от Гималаев (на высоте до 6000 м) до морских глубин (ниже 4000 м), для них характерна высокая численность в зани-

маемых биотопах. Тело вальковатое, выпуклое со спинной стороны и уплощенное с брюшной; слабыми перетяжками оно разделено на головную лопасть, на которой расположены ротовое отверстие и органы чувств и 4 следующих за ней сегмента, несущих по паре ножек. Размеры тела тихоходок 0,1–1,5 мм, тело часто полупрозрачное или беловато-серого цвета. Имеется 4 пары коротких и толстых ног с 4–8 длинными щетинковидными коготками на конце, причём последняя пара ног направлена назад. Передвигаются тихоходки очень медленно со скоростью всего 2–3 мм в минуту. Ротовые органы представлены парой острых стилетов, служащих для прокалывания оболочек клеток водорослей и мхов, которыми тихоходки питаются. Тихоходки имеют пищеварительную, выделительную, нервную и половую системы; однако у них отсутствуют дыхательная и кровеносная системы. Дышат они через кожные покровы, а роль крови выполняет внутрисполостная жидкость. Всех тихоходок условно делят на две группы: «панцирные» и «голые». У панцирных кутикула образует утолщённые участки – спинные и брюшные пластинки. К группе голых относятся виды, кутикула которых может нести различную скульптуру, но не образует правильно расположенных щитков.

Тихоходок находят в горячих источниках, подо льдом и на дне океана. Все тихоходки в некоторой степени являются водными животными. Примерно 10% – морские обитатели, другие встречаются в пресных водах, однако большинство населяют моховые и лишайниковые подушки на земле, деревьях, скалах и каменных стенах. Количество тихоходок во мхе может быть очень велико – до сотен и даже тысяч особей на 1 г высушенного мха. Отличаются особой выносливостью: выдерживают экстремально высокие и низкие температуры, ионизирующие излучения, атмосферное давление, длительное существование без воды.

Питаются тихоходки жидкостями растений и водорослей, на которых обитают. Некоторые виды поедают мелких животных, отмечен каннибализм.

Толерантная способность. Переходная группа по чувствительности к загрязнениям; способны переживать неблагоприятные условия, входя в состояние анабиоза; теряют активность при поступлении заметных загрязнений.

6.2.11. Ракообразные

Тип: Членистоногие – Arthropoda

Подтип: Ракообразные – Crustacea

Ракообразные очень разнообразная группа животных. Здесь мы упомянем только представителей трех классов: *щитней* из класса *жаброногих* (Branchiopoda), *остракод* (Ostracoda) и несколько групп из *высших раков* (Malacostraca), которых благодаря крупным размерам удобно использовать в качестве индикаторов качества воды.

Ракообразные: Жаброногие

Класс: Жаброногие – Branchiopoda

Отряд: Щитни – Notostraca

Семейство: Щитни – Triopsidae

Щитни в Дальневосточном регионе представлены родами *Lepidurus* и *Triops*. Разные виды имеют разные размеры, колеблющиеся в пределах от 2–3 до 10–12 см. Уплощенное тело прикрыто сверху щитком, из-под которого спереди выступают ветвистые конечности, а сзади – узкий конец брюшка с двумя длин-

ными хвостовыми нитями (рис. Ц18); количество ног до 70 пар. Щитни – «живые ископаемые», их морфология не изменилась со времен триасового периода (220–230 миллионов лет назад), когда появился первый вид современных щитней, *Triops cancriformis*, который считается самым древним видом из существующих ныне. Щитни – современники динозавров, появились раньше цветковых растений, во время существования единственного континента Пангея. Некоторые виды щитней внесены в Красные книги отдельных регионов России. Развиваются весной после заполнения углублений водой; в течение 24–72 часов из находящихся в земле цист появляются личинки (*науплиусы*) размером около 0,5 мм. Быстро развиваются, проходя несколько стадий; через 2 недели становятся взрослыми особями и откладывают в грунт цисты следующего поколения. Цисты, из которых развиваются щитни, иногда ошибочно называют яйцами, однако это уже развившиеся эмбрионы, покрытые оболочкой.

Населяют мелкие временные (эфемерные) пресные водоёмы, предпочитая стоячие воды. Держатся у дна, взмучивая иловые осадки в поисках пищи, иногда поднимаются к поверхности, плавая то спиной, то брюшком вверх. Взрослые особи массово погибают при высыхании водоёмов.

Щитни всеядны, но в основном – хищники. У большинства видов распространён каннибализм, проявляющийся в случае нехватки другой пищи. В некоторых регионах определённые разновидности триопсов считаются вредителями молодых побегов риса.

Толерантная способность. Выдерживают слабые загрязнения. Требовательны к механическому составу почвы, предпочитая водоёмы на глинистых и суглинистых почвах.

Ракообразные: Остракоды

Класс: Остракоды, или ракушковые раки – Ostracoda

Остракоды – мелкие ракообразные животные, относящиеся к *мейобентосу*. Длина тела до 1–1,5 мм, имеются формы больших размеров до 3–4 мм. Остракоды имеют двусторчатую хитиновую, иногда с отложениями извести раковину (*панцирь*) (рис. Ц19), прозрачную или нет, поверхность которой покрыта выступами, образующими различные узоры (рис. Ц20). Несегментированное тело остракод подразделяется на головной отдел и туловище. Створки раковинки образованы двойной складкой кожи, свободно покрывающей тело рачка, кроме места прикрепления на границе головного и туловищного отдела. Фасолевидный панцирь надёжно защищает остракод от неблагоприятных воздействий окружающей среды и хищников; некрупные рыбы, заглотнув ракушку, выплёвывают её обратно. В пределах головного отдела различают парные выросты: первые – *антеннулы* и вторые – *антенны*, *мандибулы* и *максиллы*. Туловищный отдел с брюшной стороны имеет парные первые, вторые и третьи туловищные конечности (*ножки*); конечный отдел тела представлен *фуркой*. Раздельнополые.

Остракоды широко распространены во всех типах пресноводных водоёмов (пещеры, горячие и холодные источники, грунтовые воды, реки и озёра), многочисленны среди зарослей водной растительности; обитают как в постоянных, так и временных водоёмах. Являются неотъемлемой частью влажных местообитаний. Плотно закрывая створки своей ракушки, они годами могут переживать засушливые периоды в высохших водоёмах.

Питаются преимущественно водорослями, остатками растений и животных, органическим веществом с поверхности грунта. Играют большую роль в про-

цессах трансформации вещества и энергии в водоёмах, являясь кормовым ресурсом для многих видов рыб, особенно молоди.

Толерантная способность. Остракоды прекрасные индикаторы загрязнений поверхностных и подземных вод. Их с успехом используют для оценки не только современных водных экосистем, но и условий далёких эпох: широко используются в инженерной геологии.

Ракообразные: Бокоплав

Класс: Высшие раки – Malacostraca

Отряд: Бокоплав – Amphipoda

Семейство: Гаммарусы – Gammaridae

Бокоплав имеет дуговидно изогнутое, сжатое с боков и сверху выпуклое тело; оно состоит из пяти головных, 8 грудных и 7 брюшных сегментов (рис. Ц21). Пять головных сегментов вместе с первым грудным слиты в небольшой *цефалоторакс*; семь грудных и шесть брюшных сегментов подвижно сочленены друг с другом. Хвостовой отдел включает три задних брюшных (абдоминальных) сегмента и хвостовую пластинку, расщепленный надвое *тельсон*. Передний край головы имеет лобный вырост – *ростр*. Самцы (15–20 мм), как правило, больше самок (10–15 мм).

Бокоплав особенно многочисленны в лесных ручьях и речках, встречаются в озерах и прудах. В источниках и родниках гаммарусы держатся у самого выхода вод. Некоторые мелкие виды гаммарид обитают в интерстициальных водах – в полостях толщи дна, среди гравия и песка. Чтобы их добыть, следует собирать поверхностный слой грунта с глубины более 10 см. Обычно гаммарусы держатся у берега, среди растительности или под камнями; особенно многочисленны в лесных ручьях. Так как бокоплав ведут деятельную и подвижную жизнь, они нуждаются в большом количестве кислорода; их брюшные ножки колеблются и тогда, когда бокоплав спокоен. Этими движениями создается ток воды, непрерывно омывающий жабры, а в период размножения – и яйца, развивающиеся в выводковых камерах рачка.

Бокоплав питаются растительностью и мелкими животными; предпочитают мягкую пищу; излюбленный источник питания – начинающие разлагаться растения. Бокоплав – основные переработчики листового опада: поедая частички листьев, они измельчают их, делая доступными для питания другими категориями водных организмов. В ручьях можно часто встретить скелетированные остатки листьев – это, в основном, работа бокоплавов (рис. Ц22). По типу питания их относят к категории *измельчителей*. В свою очередь, бокоплав – существенный компонент пищи рыб. Гаммарусов широко используют как сухой корм в аквариумистике.

Толерантная способность. Чувствительны к загрязнениям; уменьшаются в количестве или исчезают из сообществ при снижении концентрации растворенного кислорода. В чистых, незагрязнённых лесных ручьях численность бокоплавов достигает 90 и более процентов в низовьях, на участках речных берегов, не покрытых широколиственной растительностью, их количество значительно уменьшается.

Ракообразные: Водяные ослики

Класс: Высшие раки – Malacostraca

Отряд: Равноногие раки – Isopoda

Семейство: Водяные ослики – Asellidae

Изоподы имеют более или менее уплощенное дорсовентрально тело, размеры взрослых особей от 10 до 20 мм (рис. Ц23). В отличие от многих высших

раков у изопод нет *карапакса*, а *тельсон*, когда присутствует, слит с последним сегментом брюшка, образуя *плеотельсон*. Выделяют три основных отдела тела: *голова*, *переон* и *плеон*. Голова сложная (*синцефалон*) включает сегменты собственно головы и слитый с ней первый сегмент груди. Грудной отдел (*переон*) состоит из 7 одинаковых по форме подвижно сочленённых сегментов, каждый из которых снабжен парой грудных ног – *переоподов*, представляющих собой одноветвистые конечности. У половозрелых самок на передних пяти или четырёх парах переоподов с внутренней стороны имеются пластинки – *оостегиты*, образующие выводковую камеру. *Плеон* (брюшко) включает шесть сегментов, которые, сливаясь с *тельсоном*, образуют *плеотельсон*. Каждый сегмент брюшка снабжен парой абдоминальных ног (*плеоподы*), которые служат для дыхания и плавания. Последняя пара абдоминальных ног – *уроподы*, состоят из основного членика (*проподита*) и двух ветвей – *экзоподита* и *эндоподита*. Водяные ослики используют свои конечности не только для плавания, но и для передвижения по дну. Спасаясь от врагов (рыб, хищных личинок насекомых и др.), они становятся неподвижными и их трудно заметить среди гниющей растительности. У водяных осликов хорошая защитная окраска, сливающаяся с общим тоном дна водоемов. Во внутреннем строении изопод почти не наблюдается значительных отклонений от плана типичных высших раков. К специфическим чертам относятся поперечно-полосатая мускулатура, смещенное назад сердце и эктодермальная кишка. Большинство равноногих раков раздельнополы.

Они живут на дне или лазают по водным растениям. Населяют стоячие или слабопроточные внутренние водоёмы, встречаются в прудах, лужах, дренажных канавах, но могут обитать и в крупных водоёмах – озерах, участках рек с медленным течением. При высыхании водоёмов зарываются в ил.

Главным условием для полноценного питания является наличие гниющей растительности и опавших листьев на дне мест обитаний, так как основной их корм – отмершие фрагменты растительности и детрит. По типу питания относятся к категории измельчителей. Являются кормом для рыб, при этом они могут быть переносчиками некоторых их болезней.

Толерантная способность. Водяные ослики неприхотливы к качеству воды, могут прожить некоторое время в воде при очень незначительных концентрациях кислорода или даже в анаэробных условиях; в то же время часто встречаются в заводях озёр, рек и ручьёв с достаточно чистой водой.

Ракообразные: Речные раки

Класс: Высшие раки – Malacostraca

Отряд: Десятиногие раки – Decapoda

Инфраотряд: Речные раки – Astacoidea

Семейство: Камбариды – Cambaridae

Речной рак имеет головогрудь (*карапакс*), которая состоит из головной и грудной зон, сросшихся между собой (рис. Ц24) и хвостовой отдел – *тельсон*. Верхние и нижние челюсти являются видоизменёнными конечностями и находятся по бокам рта, затем следует пять пар одноветвистых грудных конечностей – пара клешней и ходильные ноги. Клешни предназначены для нападения и защиты. На брюшке присутствуют пять пар двуветвистых конечностей, служащих для плавания. Хвостовой плавник образован седьмым брюшным сегментом и шестой парой брюшных ног. Дышит жабрами. Для десятиногих раков харак-

терно симпластическое строение сердечной мышцы, в отличие от других многоклеточных, сердце которых имеет клеточное строение.

В южных районах Дальнего Востока России речные раки представлены родом *Cambaroides* Faxon, 1884 (семейство Cambaridae), которое включает два вида: даурский рак – *Cambaroides dauricus* (Pallas, 1773) (3 подвида: *C.d. dauricus* (Pallas, 1773) – номинативный подвид даурского рака; *C.d. sachalinensis* Birstein et Winogradow, 1934 – сахалинский рак; *C.d. wladivostokensis* Birstein et Winogradow, 1934 – владивостокский рак), рак Шпенка *Cambaroides schrenckii* (Kessler, 1874) (2 подвида: *C.s. schrenckii* (Kessler, 1874) – номинативный подвид рака Шпенка; *C.s. koshevníkowi* Birstein et Winogradow, 1934 – рак Кожевникова). Эти виды встречаются также в Монголии, Китае, Японии и на Корейском полуострове.

Речные раки живут на каменистом дне, в откосах берегов и прибрежных ямах, на самой границе мягкого и твердого дна. Раки ведут отшельничий образ жизни, располагаясь в укрытиях.

Всеядны.

Толерантная способность. Живут в чистых водах. Концентрация кислорода в воде ракам необходима такая же, как и лососевым рыбам. Не переносят повышенной кислотности (идеальная величина pH от 6,5 и больше).

Ракообразные: Настоящие креветки

Класс: Высшие раки – Malacostraca

Отряд: Десятиногие раки – Decapoda

Подотряд: Плеоциматы – Pleocyemata

Инфраотряд: Настоящие креветки – Caridea

Надсемейство: Палеомоноиды – Palaemonoidea

У креветок три передних грудных сегмента срослись с головой, формируя *карапакс*, жабры скрыты под его краями (рис. Ц25). Пять пар задних ног служат для передвижения, передние – превращены в *ногочелюсти*. Конечности последнего сегмента брюшка видоизменены в широкие пластины, образующие хвостовой веер, позволяющий совершать резкие скачкообразные плавательные движения. Пресноводные креветки *палеомоны* на Дальнем Востоке России встречаются в оз. Ханка, в бас. рек Амур, Уссури, Раздольная, в реках южного Сахалина (*Palaemon modestus*, *P. pancidens*, *P. czerniavskyi*). В озере Ханка и в бассейне Амура встречаются креветки *Palaemonetes sinensis* и *Macrobrachium asperullum*.

Креветки *Palaemonetes sinensis* серовато-коричневые, почти прозрачны, с темными поперечными полосками по корпусу и легким крапом; окраска зависит от съеденного корма, а также цвета грунта. Рострум с прямым верхним и слегка выпуклым нижним краем. Однозубый, направленный прямо вперед конец клюва слегка выдается за передний край *скафоцеритов*. Из трех бичиков усика 1-й пары два срослись между собой 6–7 члениками. Клешни небольшие. Самки длиной 3–3,5 см, самцы несколько крупнее. Креветки рода *Macrobrachium* – одни из самых многочисленных в семействе Palaemonidae, известно приблизительно 200 видов. Длина тела до 40–50 мм. Представителей этого рода относят к длинноклешневым креветкам (при этом у некоторых видов одна клешня длиннее второй, что четко прослеживается у самцов). У *M. asperullum* усики в 1,5–2 раза длиннее тела.

Предпочитают стоячие или слабопроточные водоёмы.

Всеядны, употребляют в пищу отмирающие водные растения и другие органические остатки, питаются водными насекомыми, олигохетами, личинками хирономид, мелкими ракообразными. В аквариумах выполняют функцию санитаров.

Толерантная способность. Креветки не очень требовательны к химическому составу воды. Значения pH должны быть нейтральными или слабо кислыми. Очень чувствительны к дефициту кислорода, способны жить при температуре от 15 до 30°C.

Ракообразные: Пресноводные крабы

Класс: Высшие раки – Malacostraca

Отряд: Десятиногие раки – Decapoda

Подотряд: Крабы – Cancroidei

Семейство: Грапсиды – Grapsidae

Род: Мохнаторукие крабы – Eriocheir

Вид: Японский мохнаторукий краб – *Eriocheir japonica* (De Haan, 1835)

Японский мохнаторукий краб, или *мохнаторукий пресноводный краб*, встречается от Амурского лимана и рек северо-восточной части Сахалина до побережий Японии и Кореи. Занесён в Красную книгу Российской Федерации (рис. Ц26).

Карапакс самцов квадратной формы шириной до 8–9 см, у самок – до 8 см. Лобный край карапакса широкий, разделён на 4 лопасти. Клешни самцов покрыты густыми пучками волосков, у самок – только на наружной поверхности. Цвет панциря тёмно-серый сверху, белый снизу. В зависимости от условий среды живёт от 1 года до 4 лет. В водоемах Приморья достигает массы 515 г. Отмечено увеличение среднего размера краба в ряду Уссурийский залив – Амурский залив – зал. Посыета. Нерестовые миграции в реках и озерах Приморья в связи с суровыми гидрологическими условиями сдвинуты по сравнению с южными районами на теплый период года – апрель-июль. В Приморье образует единую суперпопуляцию, подразделяющуюся на 5 относительно независимых группировок.

Большую часть жизни обитает в реках, эстуарных зонах, протоках, лагунах и озерах, имеющих выход к морю. Во время нагула широко распространяется вверх по рекам до 50 км, предпочитая среднее и нижнее течения в диапазоне глубин от уреза до 4,5 м. В морском побережье встречается на глубинах менее 10 м на илисто-песчаных, песчаных или каменистых грунтах, включающих органические остатки, а также в расщелинах камней, в зарослях травы по берегам водотоков. Нерестится в эстуариях рек.

Эврифаг: питается растительной и животной пищей. Основные кормовые объекты – водоросли, древесные остатки, рыбы, второстепенные – ракообразные, моллюски, личинки насекомых, гидроиды, земноводные. Интенсивность питания снижается в период линьки и зимовки, повышается во время постлиночного периода и предзимовального нагула. Является промысловым объектом.

Толерантная способность. Способны выдерживать умеренные загрязнения, но уязвимы из-за малоподвижности при залповых сбросах загрязняющих веществ органического и неорганического происхождения из очистных сооружений и коллекторов.

6.2.12. Водяные клещи

Тип: Членистоногие – Arthropoda

Подтип: Хелицеровые – Chelicerata

Класс: Паукообразные – Arachnida

Отряд: Акариформные клещи – Acari

Подотряд: Тромбидиформные клещи – Trombidiformes

Группа семейств: Водяные клещи – Hydracarina

Водяные клещи (Hydracarina) – группа семейств клещей отряда акариформных, обитающих в воде. Тело круглое или слегка вытянутое, компактное, часто ярко окрашенное; головогрудь и брюшко слиты (рис. Ц27). Размеры тела от 0,3 до 5 мм. Имеют 2 или 4 глаза, заключенные в хитиновые капсулы, крючкообразные тонкие, колющие *хелицеры*. Длинные ноги (во взрослом состоянии) по большей части снабжены длинными щетинками и служат для плавания; каждая нога состоит из 6 члеников с двумя коготками на конце. Ноги прикрепляются к телу с помощью четырех пар *эпимеральных пластинок*. Позади эпимеральных пластинок лежит продольная половая щель, ограниченная створками и окруженная присосками. В половом отверстии самки скрыт небольшой яйцеклад. Величина и форма тела самца и самки нередко бывают различными (половой диморфизм). Дыхание водяных клещей еще недостаточно выяснено. Большинство видов обладает трахейной системой и парой стигм на дорзальной стороне максиллярного органа; но водяные клещи никогда не всплывают для дыхания на поверхность воды. Стигмы ведут в воздушные камеры и трахейные стволы, распадающиеся на множество трахей, пронизывающих все тело животного. Стигмы затянуты несколько выступающей наружу тонкой кожей, через которую и происходит обмен газов, находящихся в полости трахей и толще воды, причем кожное дыхание у клещей также имеет место. Клещи проходят сложный цикл развития, состоящий из трех активных фаз: личинка, дейтонимфа и имаго. Раздельнополы.

Водяные клещи населяют все типы пресных водоёмов и морскую среду; реже обитают в подземных водах. Ведут придонный образ жизни. Наиболее многочисленны в прибрежной зоне водоёмов, в зарослях растительности, на илистых грунтах.

По способу питания все или почти все клещи – хищники. Питаются мелкими водными животными, преимущественно циклопами и дафниями. Нападая на добычу и схватывая её, клещ вонзает в нее свои челюсти и постепенно высасывает жертву.

Толерантная способность. Предпочитают чистые, проточные озёра с богатой растительностью; встречаются в водотоках в затишных прибрежных участках.

Контрольные вопросы

1. Какая размерная группа организмов относится к макрозообентосу?
2. Какие таксоны групп беспозвоночных встречаются в поверхностных водоемах?
3. Дайте краткую характеристику беспозвоночных: опишите биологию и экологию представителей каждого таксона – губки, стрекающие, нематоды, волосатики, плоские черви, олигохеты, пиявки, моллюски, мшанки, тихоходки; ракообразные – жаброногие, ракообразные – остракоды, ракообразные – бокоплавы, ракообразные – водяные ослики, ракообразные – речные раки, ракообразные – настоящие креветки, ракообразные – пресноводные крабы; водяные клещи.
4. Назовите важнейшие виды беспозвоночных: губок, стрекающих, нематод, волосатиков, плоских червей, олигохет, пиявок, моллюсков, мшанок, тихоходок, ракообразных – жаброногих, ракообразных – остракод, ракообразных – бокоплавов, ракообразных – водяных осликов, ракообразных – речных раков, ракообразных – настоящих креветок, ракообразных – пресноводных крабов, водяных клещей.
5. Охарактеризуйте толерантную способность беспозвоночных.



Рис. Ц7. Колония пресноводных губок



Рис. Ц8. Пресноводные гидры
(www.aqamaniya.ru)



Рис. Ц9. Нематоды
(www.4.bp.blogspot)

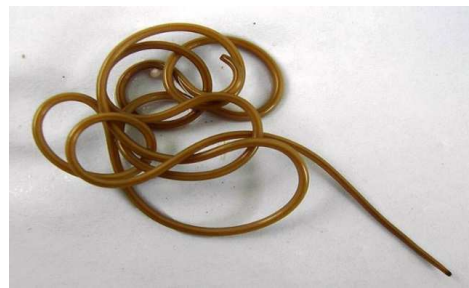


Рис. Ц10. Волосатик
(www.ecosystema.ru)



Рис. Ц11. Планария
(www.earth-chronicles.ru)



Рис. Ц12. Олигохеты



Рис. Ц13. Пиявка
(<https://animalreader.ru>)



Рис. Ц14. Мшанки (Т. Коршунова)



Рис. Ц15. Двустворчатые моллюски



Рис. Ц16. Брюхоногие моллюски



Рис. Ц17. Тихоходки
(www.astronet.ru)



Рис. Ц18. Щитень
(www.o-prirode.com)



Рис. Ц19. Остракоды
(Henrick Kettunen)



Рис. Ц20. Панцирь остракоды



Рис. Ц21. Бокоплав (гаммарус)
(Hamrsky Jan)



Рис. Ц22. Лист объединенный
бокоплавами (www.lucasbrowsers.nl)



Рис. Ц23. Водяной ослик (Hamrsky Jan)



Рис. Ц24. Речной рак (Ryu Uchiyama)



Рис. Ц25. Пресноводная креветка
(www.zoopicture.ru)



Рис. Ц26. Речной краб



Рис. Ц27. Водяные клещи



Рис. Ц28. Амфибиотические насекомые



Рис. Ц29. Личинка подёнки
(М. Тиунов)



Рис. Ц30. Имаго подёнки
(М. Тиунов)



Рис. Ц31. Личинка стрекозы
(Hamrsky Ian)



Рис. Ц32. Имаго стрекозы
(www.Interneturok.ru)



Рис. Ц33. Личинка веснянки
(М. Тиунов)



Рис. Ц34. Имаго веснянки
(М. Тиунов)



Рис. Ц35. Водный клоп



Рис. Ц36. Водный клоп с развитой
дыхательной трубкой



Рис. Ц37. Личинка жука-плавунца
(www.MacroID.ru)



Рис. Ц38. Имаго жуки-плавунцы
(www.klyovotut.ru)



Рис. Ц39. Личинка вислокрылки



Рис. Ц40. Имаго вислокрылки



Рис. Ц41. Личинка сетчатокрылых
осмилид (www.myplanet-ua.com)



Рис. Ц42. Имаго сетчатокрылых осмилид
(<http://staffweb.itsligo.ie>)



Рис. Ц43. Личинка ручейника
(М. Тиунов)



Рис. Ц44. Имаго ручейника
(М. Тиунов)



Рис. Ц45. Водная личинка
чешуекрылых (<http://www.troutnut.com>)



Рис. Ц46. Имаго водных чешуекрылых
(www.mdfrc.org.au)



Рис. Ц47. Личинка перепончатокрылого
(www.4.bp.blogspot)



Рис. Ц48. Имаго перепончатокрылого
(www.ecosystema.ru)



Рис. Ц49. Личинка двукрылых
(сем. Tipulidae)



Рис. Ц50. Личинки двукрылых
(сем. Chironomidae)



Рис. Ц51. Имаго двукрылых
(сем. Tipulidae)



Рис. Ц52. Имаго двукрылых
(сем. Chironomidae)

Глава 7. ВОДНЫЕ НАСЕКОМЫЕ – ИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ

7.1. Классификация

Тип: Членистоногие – Arthropoda

Подтип: Трахейные – Tracheata

Надкласс: Шестиногие – Hexapoda

Класс: Насекомые – Insecta

Насекомые – очень важный компонент пресноводных сообществ, являются кормом молоди рыб, перерабатывают *аллохтонный* (листовой опад) и *автохтонный* (мхи, водоросли) растительный материал, делая его доступным для усвоения другими группами пищевой сети в водоёмах; кроме того, они широко используются как индикаторы загрязнений пресных вод. Насекомые, развитие неполовозрелых фаз которых проходит в воде, называются *амфибиотическими* (рис. Ц28). Все насекомые делятся на две большие группы: 1) с *неполным превращением* (гемиметаболические насекомые, Hemimetabola) – в их жизненном цикле отсутствует фаза куколки; 2) с *полным превращением* (голометаболические насекомые, Holometabola) – жизненный цикл полный, имеется фаза куколки. Ниже приводится краткая характеристика отрядов водных насекомых, полезных для мониторинга пресных вод.

Личинок амфибиотических насекомых, кроме представителей отряда двукрылых, очень легко отличить от всех остальных по наличию трех пар грудных членистых ножек, хитинизированной голове и груди. Некоторые двукрылые могут не иметь выраженную голову (она может быть втянута в тело) и членистых ног; у них могут развиваться ложные ножки: одна пара или более.

Имаго. Важно иметь представление о взрослых фазах водных насекомых, так как присутствие многих из них вблизи водоёмов и водотоков может свидетельствовать о состоянии качества воды в них. При проведении мониторинга мы рекомендуем проводить одновременно со сборами бентоса сборы воздушных фаз, так как знание имагинального состава может помочь в определении неполовозрелых фаз. Имаго насекомых имеют тело, четко разделённое на голову, грудь и брюшко. Голова с парой крупных (фасеточных) глаз по бокам; у некоторых могут быть небольшие *глазки*. Грудные сегменты с двумя парами крыльев (у двукрылых задняя пара модифицирована в палочкообразные жужжальца) и с тремя парами ног.

К амфибиотическим насекомым относятся отряды стрекоз (Odonata), подёнок (Ephemeroptera), веснянок (Plecoptera), ручейников (Trichoptera), большекрылых (вислокрылки) (Megaloptera), а также некоторые семейства полужесткокрылых (водных клопов) (Heteroptera), сетчатокрылых (Neuroptera), жуков (жесткокрылые) (Coleoptera), бабочек (чешуекрылые) (Lepidoptera) и двукрылых (Diptera); есть немного видов паразитических перепончатокрылых, личинки которых можно считать косвенно водными (Hymenoptera).

Среди них наиболее важны три отряда: *подёнки* – Ephemeroptera, *веснянки* – Plecoptera и *ручейники* – Trichoptera, представляющие так называемый *индикаторный комплекс ЕРТ*.

7.2. Отряды амфибиотических и насекомых

7.2.1. Подёнки

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Подёнки – Ephemeroptera

Подёнки – отряд древнекрылых насекомых (инфракласс Paleoptera), отличающихся архаичным устройством крылового аппарата. Личинок обычно называют нимфами (как и других личинок водных отрядов гемиметаболических насекомых).

Личинки подёнок характеризуются наличием спереди коротких усиков (*антенн*) и сзади 2–3-х длинных хвостовых нитей (*церок*); лапки снабжены одним концевым коготком; имеется две пары крыловых зачатков; жабры (обычно листовидные) расположены вдоль боковой брюшной линии (рис. Ц29). Личинки живут 1–2, редко 3 года. В зависимости от типа местообитаний у личинок формируются различные приспособительные механизмы и даже форма тела: в быстротоках, на стремнине, обычно держатся личинки Heptageniidae, имеющие уплощенное тело; с помощью коготков и крупных жабр, образующих своеобразную присоску, они могут выдерживать очень высокие скорости потока. В затишных участках обычны личинки Siphonuridae и Baetidae, имеющие округлое веретенообразное тело, позволяющее им активно перемещаться в спокойной воде.

Имаго подёнок имеют сетчатые крылья, задние иногда намного меньше передних; в покое крылья часто держат сомкнутыми перпендикулярно телу (рис. Ц30). Только у подёнок после линьки личинки последней стадии имеется промежуточная фаза *субимаго*, за которой следует появление настоящего имаго. Имаго живут недолго, обычно 2–3 дня, поэтому их и называют *подёнками*. Короткий период вылета насекомых часто сопровождается их массовым появлением, особенно в районах крупных рек и озёр, и это часто становится причиной осложнения движения на дорогах, особенно в ночное время.

Личинки населяют разнотипные текущие водотоки и водоёмы. Имаго держатся вблизи водоёмов.

Представители различных семейств могут относиться к разным функционально-трофическим группировкам из-за различий в способе питания. Есть среди них питающиеся микроводорослями, другие поедают мелких беспозвоночных, третьи – опавшую листву. Хищники в этой группе встречаются редко.

Толерантная способность. Все подёнки – любители чистой воды, лишь некоторые (например, отдельные роды Heptageniidae) могут выдерживать слабые загрязнения.

7.2.2. Стрекозы

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Стрекозы – Odonata

Отряд стрекоз также относится к древнекрылым насекомым. В отряде – 3 подотряда: *равнокрылые* (Zygoptera), *разнокрылые* (Anisoptera) и *Anisozygoptera*, содержащие признаки как одного, так и другого подотряда (представители Anisozygoptera в России не встречаются). Главное отличие стрекоз от других насекомых – преобразование нижних челюстей в так называемую «маску», ко-

торая может быстро выдвигаться и захватывать добычу. Маска формируется как у личинок, так и взрослых насекомых.

Личинки (рис. Ц31). Тело удлинённое или компактное. У личинок равнокрылых стрекоз на конце брюшка имеются 3 анальных ланцетовидных выроста, у разнокрылых – 3 пирамидальных выроста. На груди имеется пара крыловых зачатков. Активные пловцы.

Имаго (рис. Ц32). Стрекозы – крупные, хорошо летающие насекомые с большой, подвижной головой, большими фасеточными глазами, короткими щетинковидными усиками, четырьмя прозрачными крыльями с густой сетью жилок и удлинённым брюшком. Стрекозы очень быстро летают, максимальная скорость полёта может достигать 50 км/ч. Спереди на крыльях стрекоз, недалеко от вершины, хорошо заметно тёмное утолщение – *птеростигма*, гасящее опасные вибрации крыльев в полёте, которые могут повредить крылья при превышении определённого рубежа скорости.

Личинки живут в текущих и стоячих водоёмах, на мягких, илистых или илисто-песчаных грунтах. Могут распространять *простогонимоз* – опасное заболевание домашних птиц. Крупные личинки разнокрылых стрекоз способны поедать мальков в рыбных хозяйствах.

Стрекозы – хищники, питаются и в фазе личинки, и в фазе имаго.

Толерантная способность. По отношению к загрязнениям стрекоз можно отнести к организмам, выдерживающим умеренные загрязнения.

7.2.3. Веснянки

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Веснянки – Plecoptera

Веснянки – представители новокрылых (Neoptera) насекомых. В отличие от подёнок и стрекоз, принадлежащих к древнекрылым (Paleoptera), благодаря модификации аксиллярного аппарата они приобрели способность складывать крылья так, что дорсальная поверхность крыла оказывается обращённой кверху (при плоском складывании) или латерально (при кровлеобразном складывании). В отряде веснянок два подотряда: Antartcoperlaria и Arctoperlaria, в России встречаются только представители Arctoperlaria.

Личинки. Имеют удлинённое тело с длинными усиками (*антенны*) и двумя длинными хвостовыми нитями на конце брюшка (*церки*) (рис. Ц33). У некоторых родов имеются нитевидные жабры либо у основания ног, либо с вентральной стороны в области между головой и первым сегментом груди; лапки оканчиваются двумя коготками.

Имаго обладает четырьмя крупными прозрачными сетчатыми крыльями, которые в спокойном состоянии плоско складываются на спинной стороне; на заднем конце тела имеется пара длинных хвостовых нитей (рис. Ц34).

Личинки населяют различные типы быстротоков, некоторых можно встретить в литорали озёр. Имаго веснянок держатся вблизи водоёмов.

Личинки мелких веснянок питаются водорослями или органическим веществом, осевшим на дне, однако большинство из них – хищники, поедающие личинок комаров, мошек, подёнок и других мелких беспозвоночных; есть среди крупных веснянок (сем. Pteronarcyidae) и *измельчители*, поедающие разлагающуюся опавшую листву. Во взрослой стадии веснянки, как правило, не питаются.

Толерантная способность. Личинки живут в чистой, проточной воде; очень чувствительны к недостатку кислорода, поскольку, являясь активными хищниками, расходуют много энергии. Веснянки считаются превосходными индикаторами качества воды.

7.2.4. Водные клопы

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Водные клопы или полужесткокрылые – Heteroptera

Клопы, в основном, наземные насекомые, однако небольшое количество представителей отряда приспособилось к постоянной жизни в воде (рис. Ц35, Ц36). Водные клопы делятся на две экологические группы: Gerrtomorpha – водомерки (5 семейств), живущие на поверхностной плёнке или влажных берегах водоёмов, и Nepomorpha – собственно водные клопы (8 семейств), обитающие в толще воды или на дне. Клопы, живущие в воде, дышат атмосферным кислородом, пополняя его запасы при периодическом поднятии к поверхности, кроме придонных видов сем. Aphelocheiridae, которые приспособились к дыханию растворённым в воде кислородом.

Личинки. Водные неполовозрелые фазы клопов называют *нимфы*, по общему виду они почти не отличаются от взрослого насекомого за исключением недоразвитых крыльев; у личинок 5 стадий развития. Тело удлинённое или компактное. Ротовой аппарат в виде непарного хоботка, удлинённого и заостренного (обычно направленного назад между основаниями ног). Надкрылья, если есть, накладываются друг на друга вершинами (разделены диагональным «швом»). Личинки активно плавают в толще воды (гребляк, гладыш) или же скользят по поверхности водоёмов, хватая жертву с поверхностной пленки воды (водомерки).

Имаго. Отличаются от нимфы более крупными размерами, развитыми крыльями и надкрыльями, сформированными половыми органами.

Обитают в разнотипных водоёмах, предпочитают затишные участки.

Водные клопы – хищники, челюсти их модифицированы в колюще-сосущий аппарат, которым они прокалывают жертву и высасывают ее содержимое.

Толерантная способность. У разных семейств отмечены различные толерантные свойства. Например, клопы рода *Aphelocheirus*, ведущие придонный образ жизни, очень чувствительные к загрязнению; другие, приспособившиеся использовать для дыхания атмосферный кислород, такие, как водный скорпион, ранатра, могут выдерживать некоторые загрязнения.

7.2.5. Жесткокрылые или жуки

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Жесткокрылые – Coleoptera

Жуки или *жесткокрылые* – неотъемлемый элемент почти всех типов водных местообитаний. Водные представители подотряда Aderphaga покидают водоемы только для миграций и зимовки. Представители подотряда Polyphaga, имеющие водных личинок, нередко обычны и в наземных стациях.

Личинки очень разнообразны по виду (рис. Ц37); некоторые виды дышат жабрами, другие – извлекают воздух из воздухоносных путей растений, третьи запасаются воздухом у поверхности воды.

Куколки – свободные. Почти все водные формы окукливаются вне водоемов, над поверхностью воды, кроме Noteridae, Elmidae, Chrysomelidae и Curculionidae.

Имаго (рис. Ц38). Характеризуются видоизменением передних крыльев в твёрдые, сильно склеротизированные, либо кожистые *надкрылья* (*элитры*), лишённые жилкования, с сохранением перепончатых задних крыльев, служащих для полёта и в спокойном состоянии сложенных под надкрыльями. Для представителей отряда характерны грызущий и жующий ротовой аппарат, развитая передняя часть груди, подвижное сочленение переднегруди с её средней частью.

Обитают жуки в крупных и небольших, постоянных или временных водоёмах; некоторые встречаются в солоноватых водах (*Hygrotus* spp.). Как правило, они приурочены к определенному типу грунта или к определенному типу зарастания водоема. Ряд жуков являются ацидофилами и предпочитают торфяные болотца.

Большинство водных жуков – хищники, питаются мелкими беспозвоночными, хотя некоторые могут нападать на головастиков и мальков рыб, поедать икру рыб и земноводных. Водные листоеды и долгоносики питаются исключительно растительной пищей; плавунчики, представители подотряда Mухорhаgа, по преимуществу *альгофаги*, а Elmidae, Limnichidae отфильтровывают для питания водоросли и мелкие организмы из толщи воды или собирают с поверхности растений. Крупные виды дитисцид (*Dytiscus*, *Cybister*) могут серьезно вредить рыбному хозяйству. Многие виды (*Rhantus* spp.) отмечены как истребители личинок комаров, в том числе и малярийных. Личинки плавунцов родов *Acilius* и *Graptoderes* питаются преимущественно планктоном.

Толерантная способность. В основном предпочитают чистые воды, однако есть и толерантные к умеренным загрязнениям.

7.2.6. Большекрылые или вислоккрылки

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Большекрылые – Megaloptera

Большекрылые, или вислоккрылые (вислоккрылки), – отряд новокрылых насекомых с полным превращением. В отряде два подсемейства Sialidae и Corydalidae. В России распространены, в основном, сиалиды. Коридалиды крайне редки и указаны единично из южных районов Дальнего Востока (юг Хабаровского края, Приморский край), причем в материалах отмечен только имагинальный материал, личинки до сих пор не были обнаружены на российской территории.

Личинка (рис. Ц39). Голова прогнатическая (элементы ротового аппарата направлены вперёд). Тело удлинённое, при этом может быть слегка уплощено. Задний конец тела вытянут либо в одиночную терминальную нить (Sialidae), либо несёт короткие анальные ножки (Corydalidae). Сегменты брюшка по бокам с членистыми жабрами на 7–8 сегментах. Развитие около 2 лет, 10 личиночных стадий. Вылет взрослых насекомых происходит весной или в начале лета. Яйца откладывают на листья тростника и других водных растений. Личинки, выходя из яиц, падают в воду.

Куколки свободные. Личинки для окукливания выходят из воды. Перед превращением в куколку личинки выбирают на сушу и укрываются в небольших норках вблизи водоёма.

Имаго (рис. Ц40) Длина взрослых особей сиалид составляет 23–35 мм, коридалид характеризуют большие размеры: самые крупные особи достигают 70 мм длины, размах крыльев до 160 мм. У сиалид нет глазков, у коридалид – 3 глазка. Морфология яиц и кладок видоспецифична.

Личинки вислоккрылки – хищники. Питаются мелкими беспозвоночными; отмечается каннибализм.

Сиалиды предпочитают стоячие или слабопроточные водоёмы; обычны в бассейнах ручьев в затишных местообитаниях, старицах, богатых иловыми и детритными отложениями.

Толерантная способность. Коридалиды обитают в чистых водотоках; сиалиды выдерживают слабые загрязнения; могут встречаться в слабосолоноватых местообитаниях.

7.2.7. Сетчатокрылые

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Сетчатокрылые – Neuroptera

Водные сетчатокрылые представлены 2 семействами: Osmylidae и Sysiridae. Взрослые насекомые характеризуются богатым сетчатым жилкованием, продольные жилки на вершине дихотомически ветвятся. Личинки водные (сизириды) или околотоводные (осмилиды).

Личинки (рис. Ц41) характеризуются сосущими челюстями, направленными вперёд, иногда загнуты; отличительный признак – наличие желобка между жвалой и нижней челюстью с каждой стороны, через который личинка всасывает пищу (у личинок наружное пищеварение). Схватив добычу (обычно мелкое мягкое насекомое), они прокалывают её покровы заостренными жвалами, отгрызают в ранку пищеварительные соки, а затем, как через трубку, всасывают уже разжиженную пищу. Характерным признаком, по которому даже неопытный собиратель легко может определить принадлежность найденной им личинки к отряду сетчатокрылых, является отсутствие у личинок нижнечелюстных щупиков. Между головой и переднегрудью ясный соединительный сегмент; на сегментах груди и брюшка бугорки с волосками. Тело осмилид вытянутое, лишено трахейных жабр, имеются мелкие дыхальца, с помощью которых они способны дышать атмосферным воздухом; также они могут использовать растворенный в воде кислород, поступающий через поверхность нежных кожных покровов. У сизирид тело удлинённо-овальное с семью парами членистых трахейных жабр на первых семи сегментах брюшка с вентральной стороны, дыхалец нет.

Куколки свободные. Окукливание, как и у большекрылых, вне воды.

Имаго (рис. Ц42). Ротовые органы грызущие. Усики имаго расположены между глазами, ни один из члеников лапок не расширен. Имеют четыре прозрачных сетчатых крыла, иногда бесцветных, часто с пятнами. Обе пары крыльев могут быть одинаковыми или разными по форме. Крылья в покое сложены крышеобразно. Полет относительно слабый.

Хищники. Личинки осмилид питаются мелкими беспозвоночными, сизириды – губками и мшанками. Имаго питаются мелкими насекомыми и пылью.

Личинки осмилид живут у уреза воды, в сыром мху, иногда погружаясь полностью в воду. Сизириды ещё более приспособлены к жизни в воде, концентрируясь вблизи колоний пресноводных губок.

Толерантная способность. Обитают в чистых водах, могут выдерживать слабые загрязнения.

7.2.8. Ручейники

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Ручейники – Trichoptera

Ручейники – очень разнообразная группа амфибиотических насекомых. Ранее подразделялась на два подотряда – *кольчатощупиковые* (Annulipalpia) и *цельнощупиковые* (Integripalpia), в настоящее время выделяют третий подотряд Spicripalpia, но его границы до сих пор чётко не определены и монофилегичность окончательно не доказана.

Личинки (рис. Ц43). Тело удлинённое, гусеницевидное. Головная капсула хитинизированная, 3-сегментная грудь с тремя тергитами, полностью или частично хитинизированными; брюшко мягкое, цилиндрическое, сегментированное; терминальная часть брюшка с парой коротких крючковидных анальных ножек. Среди личинок ручейников есть свободноживущие в воде, но большинство строят убежища из каменистых фракций, песка или растительного материала, так называемые «домики». Домики могут быть колоколообразные (Glossosomatidae), кошелькообразные (Hydroptilidae) или колчанообразные (большинство Integripalpia).

Куколка у ручейников свободная, приспособленная к жизни в воде. Перед окукливанием личинка выбирает спокойный участок водоема и прикрепляет чехлик к камню, заплетая его концы так, чтобы в каждом было отверстие для свободного доступа воды. Куколка лимнофилоидных ручейников внутри чехлика совершает колебательные движения, упираясь в стенку чехлика выростом на основании брюшка, способствуя насыщению кислородом воды в чехлике. Для прочистки отверстий на верхней губе имеются крепкие щетинки, а на заднем конце тела – очистительные отростки. Ко времени созревания куколка прорывает мощными зубчатыми челюстями передний конец чехлика и, выйдя из него, начинает быстро плавать на спине, делая гребные движения длинными, снабженными плавательными волосками средними ногами. Добравшись до камня, берега или растения, куколка цепляется за него и выползает из воды. Вне воды куколка начинает мерно двигать брюшком, у нее открываются дыхальца, тело раздувается и происходит последняя линька: через продольную щель на спинной стороне груди и головы выходит взрослый крылатый ручейник. Все личинки ручейников (даже свободноживущие) перед окукливанием строят чехлики.

Имаго (рис. Ц44). Взрослые ручейники внешне очень похожи на имаго низших бабочек, только их крылья покрыты не чешуйками, а волосками – от этого произошло и латинское название ручейников – Trichoptera, что переводится как «волосоккрылые». Крылья большие, в покое сложены крышеобразно. Особенно хорошо знают ручейников рыбаки, так как личинки этих животных являются превосходной наживкой для рыб. Существует специальная техника рыбной ловли с использованием искусственной наживки – техника *нахлыста*, ставшая в последнее время чрезвычайно популярной. Особенное внимание уделяется изготовлению «мушек», имитирующих ручейников.

Обитают в разнотипных водоёмах, широко представлены по числу видов и численности.

Питаются разными способами: есть *хищники, фильтраторы, измельчители* и *коллекторы-сборщики*. Пищевой ресурс нехищных ручейников – детрит, водорослевые и моховые обрастания, листовой опад. Распределение ручейников в водотоках зависит от градиентного изменения факторов среды и типа пищевых ресурсов, меняющихся по продольному профилю реки.

Толерантная способность. Многие виды ручейников могут жить только в чистой воде, но некоторые, например сетеплетущие хидропсихиды, способны выдерживать умеренные загрязнения, даже начинают увеличиваться по численности на слегка загрязненных органикой (или искусственно отеплённых) участках водотоков.

7.2.9. Бабочки или чешуекрылые

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Чешуекрылые – Lepidoptera

Чешуекрылые, или бабочки, – отряд насекомых с полным превращением, т.е. имеющий стадии яйца, личинки (называемой гусеницей), куколки и имаго (взрослая особь). В большинстве бабочки – наземные насекомые, но в некоторых семействах: Arctiidae, Crambidae, Nepticulidae, Cosmopterygidae, Tortricidae, Olethreutidae, Noctuidae, Cossidae, Sphingidae, встречаются виды, приспособившиеся к околотоводному образу жизни. Многие виды бабочек-огнёвок (Pyralidae) являются настоящими водными насекомыми, у которых все стадии, кроме имаго, являются водными. Бабочки, связанные с водой, принадлежат к группе Microlepidoptera. Они небольших размеров, невзрачные, ведут ночной образ жизни.

Личинка (рис. Ц45). Личинок бабочек легко отличить от личинок других водных насекомых по червеобразному телу, которое, обладая ясным расчленением на голову, грудь и брюшко, кроме трех пар грудных ног, несет пять пар нечленистых брюшных ложных ножек. Личинки, вырезая эллипсовидные кусочки листьев, образуют чехлик, в котором живут, укрываясь от врагов. Гусеница может легко передвигаться, таская за собой чехлик, крепко держась за внутреннюю его поверхность брюшными ножками. Дыхание гусеницы в молодом возрасте осуществляется через кожные покровы, в более старших возрастах – атмосферным воздухом (с помощью дыхалец), который удерживается между волосками. Окукливание происходит в домике, выстроенном личинкой, внутренность которого выстлана шёлковыми нитями.

Куколки малоподвижные, относятся к типу покрытых. У них хорошо различимы очертания зачатков крыльев, хоботка и ног, брюшко с дыхальцами по бокам; они, как и личинки, живут в воде.

Имаго (рис. Ц46). Крылья и тело взрослого насекомого покрыты чешуйками; нижние челюсти образуют спирально свернутый хоботок. Бабочки откладывают от 40 до 100 зеленовато-серых яиц на нижнюю поверхность листьев.

Личинки питаются листовой мякотью различных растений; по типу питания – измельчители. Имаго с помощью хоботка способны питаться нектаром растений и пить воду.

Толерантная способность. Предпочитают чистые водоёмы, выдерживают лёгкое загрязнение.

7.2.10. Перепончатокрылые

Перепончатокрылые – крупный отряд насекомых с полным превращением, большинство из которых ведут наземный образ жизни. Отряд делится на два подотряда – Symphyta (ведут наземный образ жизни) и Aprocrita, некоторые представители которого приспособились к обитанию в пресной воде.

Личинка (рис. Ц47). Личинки многих паразитических перепончатокрылых развиваются внутри жертвы и питаются их органами, постепенно уничтожая хозяина.

Куколка. Куколки перепончатокрылых относятся к типу свободных куколок. Перед окукливанием личинка обыкновенно делает из выделяемых ею шелковинок рыхлый или плотный кокон, некоторые – без кокона.

Имаго (рис. Ц48). Отличительный признак отряда – из двух пар перепончатых крыльев задние меньше передних, крылья с редкой сетью жилок, иногда без жилок (есть и бескрылые формы); на переднем крае заднего крыла расположен ряд крючковидных зацепок, входящих в соответствующую им складку на заднем крае переднего крыла; ротовой аппарат грызуще-лижущий или только грызущий.

Все водные перепончатокрылые являются паразитами водных насекомых, они атакуют различные стадии насекомых (обычно яйца, личинок и/или куколок) в основном Heteroptera или отряды голометаболических насекомых. Проводят много времени под водой в течение своего жизненного цикла. Бракониды паразитируют на двукрылых Ephrydridae и чешуекрылых Noctuidae; ихневмониды – на жуках, чешуекрылых, ручейниках и двукрылых; представители сем. Mymaridae – полужесткокрылых (Gerridae), стрекозах и жесткокрылых; трихограммы – на стрекозах, двукрылых, клопах, жуках и большекрылых; еулофиды – на стрекозах (Lestidae) и жуках; Scelionidae – на клопах Gerridae, чешуекрылых и двукрылых; Agriotypidae – на ручейниках и т.д.

Толерантная способность. Предпочитают чистые водоёмы, выдерживают лёгкое загрязнение.

7.2.11. Двукрылые

Класс: Насекомые – Insecta

Отряд: Двукрылые – Diptera

Двукрылые получили название из-за того, что у взрослых представителей имеется только два крыла, а задние модифицированы в палочковидные *жуужальца* и не участвуют в полете. Разделяются на два подотряда – Nematocera (длинноусые) и Brachycera (короткоусые). Водные личинки характерны в основном для семейств группы Nematocera.

Личинки двукрылых очень разнообразны (рис. Ц49, Ц50) по форме; тело чаще всего удлинённо-цилиндрическое, червеобразное, с суженным передним или обоими концами. Личинки без настоящих ног и нередко (у мух) без обособленной головы. Куколки свободные или бочонковидные. Дыхательная функция осуществляется по-разному: одни поднимаются на поверхность; другие прогрызают стебли водных растений и используют воздухоносные пучки; третьи переходят к кожному дыханию; у некоторых развивается специализированный вырост на конце тела – *дыхательная трубка*, что позволяет дышать атмосферным кислородом.

Куколки водные, обнаруживают в своей организации сходство с имаго, но челюстной аппарат, длинные усики, ножки и крылья являются недоразвитыми. В результате приспособления к среде куколка, однако, может также обладать провизорными органами. У короткоусых (*Brachycera*) двукрылых имеется защитное приспособление, прикрывающее куколку снаружи – ложный кокон (пупарий), который, в отличие от настоящего кокона (продукта секрета желез личинки насекомых), является последней личиночной шкуркой, не сброшенной при линьке, затвердевшей и прикрывающей куколку до момента выхода имаго.

Имаго (рис. Ц51, Ц52). Хорошо развиты фасеточные глаза. Ротовые части колющие, лижущие или сосущие (хоботок); передняя пара крыльев перепончатая, вторая – представлена *жуужжальцами*. Многие виды известны как переносчики заболеваний, назойливые кровососы и вредители сельскохозяйственных культур, тем не менее, они имеют и большое значение для сельского хозяйства, поскольку являются опылителями различных растений, в т.ч. культурных.

Встречаются во всех типах водоемов – текучих и стоячих, холодных и теплых, обильны в илистых отложениях, встречаются в тканях водных растений, на морских побережьях. Населяют все горизонты водоёмов: от влажной почвы берегов, зоны водных растений и поверхностной пленки до глубин в несколько сотен метров.

Хищные или растительноядные формы. Имеется ряд специализированных кровососов (мошки, комары, слепни). Среди двукрылых есть представители различных функционально-трофических группировок: хищники и сборщики, измельчители, фильтраторы.

Толерантная способность. Среди двукрылых есть как очень чувствительные к загрязнению организмы, так и те, кто выдерживают умеренные и даже очень сильные загрязнения.

Контрольные вопросы

1. Каких насекомых называют амфибиотическими?
2. Охарактеризуйте группы насекомых:
– с неполным превращением;
– с полным превращением.
3. Какие отряды и семейства насекомых относятся к амфибиотическим?
4. Какие отряды насекомых представляют индикаторный комплекс ЕРТ?
5. Дайте краткую характеристику отрядов насекомых: поденки, стрекозы, веснянки, водяные клопы, жесткокрылые (или жуки), большекрылые (или вислокрылки), сетчатокрылые, ручейники, бабочки (или чешуекрылые), перепончатокрылые, двукрылые. Опишите биологию и экологию представителей каждого таксона.
6. Охарактеризуйте толерантную способность представителей амфибиотических насекомых.

Часть III. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРЕСНОВОДНОГО МОНИТОРИНГА

Глава 8. Планирование работ.

Глава 9. Алгоритм проведения экспресс-мониторинга и использование дополнительных возможностей при работе с картами

Глава 8. ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ

8.1. Район исследований. Карты местности

Пресноводный мониторинг может проводиться в научно-исследовательских целях или в рамках экологических экспертиз и оценок, направленных на выявление нарушений окружающей среды и установление уровня этих нарушений.

В последнее время большой интерес к пресноводному мониторингу проявляют общественные организации, а также высшая и средняя школы в целях привлечения студентов и школьников к научному проектированию, расширению их кругозора и профориентации. Особенно это интересно для школьного учителя, ведь при исследованиях по изучению рек необходимы знания по многим направлениям, входящим в школьные программы: география, биология, экология, физика, химия, математика, информатика. Даже такие предметы, как русский язык и литература, становятся необходимыми, если школьник делает проект в области экологической журналистики, экологической рекламы; английский язык также становится очень важным, так как участие в престижных российских и международных конкурсах предполагает знание иностранного языка. Школьники, вовлечённые в программы мониторинга, кроме того, чувствуют важность и значимость проводимых работ и очень ответственно, с большим энтузиазмом участвуют в выполнении водных проектов.

Данное направление представляет интерес и для высшей школы, особенно для тех вузов, где читаются курсы, связанные с экологией, охраной окружающей среды и природопользованием. Участие студентов в практической деятельности по исследованию экологического состояния водотоков и водоёмов может стать не только элементом образовательного процесса, но и заметным практическим вкладом в улучшение среды обитания, повышающим сознательность и гражданскую ответственность молодёжи.

Перед началом работ по изучению пресноводных объектов следует, прежде всего, составить чёткий план действий, определить, что и как вы собираетесь делать, провести предварительный анализ ситуации с выбором параметров. Для предварительного анализа ситуации очень важно и полезно собрать всю доступную информацию о предполагаемом объекте исследований. Найдите литературу, где есть описание вашей реки или озера, используйте интернет-публикации, статьи по теме в местных газетах за предыдущие годы, чтобы узнать историю исследуемого объекта, возможные события, повлиявшие на ухудшение его состояния, позицию местных жителей и государственных органов по защите водного объекта. Информацию можно найти и в отчетах о работе каких-либо организаций, занимающихся, например, природоохранной деятельностью (заповедники, национальные и природные парки, государственные службы и отделы охраны окружающей среды местных администраций). Много важной информации можно получить из личных бесед с людьми, хорошо знающими ваши места и их экологические проблемы.

Необходимо также определиться, будет ли ваше исследование только научным проектом или же целью станет борьба с экологическими нарушениями. Тогда ваш проект выйдет за пределы образовательных рамок и станет реальным вкладом в дело сохранения и улучшения окружающей среды.

Если задача исследования – выявление экологических нарушений, то до начала работ необходимо узнать как можно больше о районе работ, характере

нарушений, источниках загрязнений и их масштабах. Необходимо выяснить, где расположены источники загрязнения и нанести их на карту; определить точечные они или диффузные, и представлять, хотя бы в общем, ожидаемый характер загрязнений (замусоривание, промышленные или бытовые стоки, смывы с сельскохозяйственных угодий или стоки животноводческих ферм). Возможно, это будет исследование загрязнений нефтепродуктами либо оценка влияния горнодобывающей промышленности, изучение последствий массовой вырубки леса в водоохранной зоне и т.д.

Если вас интересует общее состояние пресноводных ресурсов вашего района/региона, тогда нужно настроиться на проведение долговременных мониторинговых исследований, которое потребует составления фондовых коллекций, баз данных, серьёзного оснащения оборудованием, соответствующей литературой (руководства, справочники, определители и т.д.). Необходимо также установить связи со специалистами-гидробиологами, которые смогут проконсультировать вас на первых этапах исследования и курировать ваши работы в процессе выполнения проекта, это поможет избежать многих досадных ошибок и напрасной потери времени, и сил.

Основные этапы программы исследований

1. *Выбор объекта исследований* (озеро, ручей, речка, озеро или целый речной бассейн), определение точного положения и названия водоёма/водотока, его размеров или размеров участка, на котором будет проводиться исследование.

2. *Определение цели и конкретных задач исследования.*

3. *Выбор методов исследования, методов отбора проб и пробоотборников* исходя из поставленных задач.

4. *Подготовка карты исследуемого района*, например, топографической карты масштаба 1:200 000 (т.е. 1 см на карте соответствует 2 км на местности). Если нет топографической или географической карты, можно использовать карты-схемы землепользования или лесных угодий, на которые нанесены водные объекты. Масштабы карт-схем обычно бывают от 1:10 000 (в 1 см – 100 м) до 1:150 000 (в 1 см – 1,5 км), что делает их очень удобными для маршрутных исследований. Такие карты-схемы могут храниться в органах местной администрации, куда вам стоит обратиться за помощью. Подобранные карты и схемы рекомендуется перекопировать на кальку и размножить (для всех участников исследовательской группы), на каждой копии должны быть указаны: название объекта исследований, масштаб, направление север-юг, названия населенных пунктов, рек, водоёмов, реперных пунктов. Надписи на полевых картах и схемах должны быть выполнены простым карандашом либо шариковой ручкой, потому что надписи, выполненные гелевыми ручками или фломастерами, легко размываются дождем или случайно брызнувшей водой. Карандаш в данном случае лучше, так как им удобнее писать в полевых условиях и он не размывается.

5. *Составление карты-схемы расположения станций отбора проб.* Карта-схема может уточняться после первого рекогносцировочного выезда на место для отбора первой серии проб, так как может понадобиться, например, увеличить количество станций или изменить место расположения станции, если окажется, что подход к ней неудобный. Затем уточнённая карта-схема расположения станций принимается за основу. Перед началом работ, перед отбором каждой серии проб определяйтесь с *полевым маршрутом*, чтобы экономично использовать и время, и транспорт.

6. *Разработка временной схемы отбора проб*, которая предполагает разовые, спорадические отборы или сезонный, ежемесячный или подекадный отбор проб. Необходимо определиться с объемом работ: сколько проб будет отбираться, как часто, в какие даты, какими методами, какими пробоотборниками (см. п. 8.2).

7. *Полевой дневник*. Желательно, чтобы у каждого члена экспедиции был свой *полевой дневник* (это может быть небольшой блокнот), в который (тоже карандашом или шариковой ручкой) записываются результаты наблюдений.

8. *Полевые этикетки и регистрационные полевые листы*. Полезно заранее заготовить шаблоны полевых этикеток, а также регистрационные полевые листы, которые должен заполнять один человек, ответственный за сбор информации в полевых условиях.

9. *Состав группы и распределение обязанностей*. Определитесь с составом группы, разделите обязанности между ее членами: один должен отвечать за отбор химико-микробиологических проб, второй отбирать бентосные организмы, третий – имаго водных насекомых, другие – проводить оценку гидрологических и геофизических параметров и т.д. Если каждая часть работы будет выполняться одними и теми же участниками, точность оценки данных повысится, так как у исполнителей конкретной задачи вырабатываются определенные навыки. Кстати, при подготовке отчета это распределение обязанностей может быть сохранено, исполнитель/исполнители конкретных задач смогут подготовить свои разделы для общего отчета.

10. *Полевое оборудование и снаряжение*. Составьте подробный список необходимого оборудования и снаряжения (как экспедиционного, так и для исследований), соберите это снаряжение и отмечайте его наличие при переходе от станции к станции (чтобы избежать потери). Рекомендуемый список оборудования и снаряжения помещен в Приложение В.

11. *Обеспечение безопасности при работе на воде*. Каждый из участников группы должен знать и помнить основные правила поведения на воде до начала исследований. Необходимо также при выходе в маршрут иметь медицинскую аптечку, знать о расположении ближайших медицинских пунктов и телефоны срочной помощи.

8.2. Выбор мест отбора проб. Фоновые и тестируемые станции. Выбор пробоотборников. Составление схемы отбора проб

Определите, к какому речному бассейну относится водный объект, в какой ландшафтной зоне расположен; опишите его основные характеристики, отметьте возможные источники загрязнений. Для получения карты используйте также возможности Интернета. Рекомендуем пользоваться эко-картой, расположенной на сайте <http://east-eco.com>. С помощью электронной карты вы сможете оценить степень урбанизированности территории, определить зоны предполагаемого *антропогенного импакта* (воздействия) (рис. 8.1а), определиться с расположением станций отбора проб, где предполагается проведение исследований.

Если задача исследования состоит в выявлении антропогенного загрязнения, то вторым этапом планирования будет выявление потенциального источника (источников) загрязнений. И, следовательно, в районе расположения нарушенного (импактного) водотока сначала на карте, а затем, корректируя на местности, следует определить станции отбора проб (рис. 8.1б). Таких станций должно быть две как

минимум две: одна – выше источника загрязнений (*фоновая станция*), другая – ниже источника загрязнения (*тестируемая или импактная станция*).



Рис. 8.1. Карта-схема р. Дачная (г. Арсеньев, Приморский край): а – карта с выделенными фоновыми и, предположительно, импактными зонами; б – карта с обозначенными станциями отбора проб

Рекомендуется устанавливать станции отбора проб следующим образом:

- на расстоянии 50–100 м выше источника загрязнения (фоновая); в 100–200 м, а также в 500 м (контрольное расстояние) ниже источника загрязнения или населенного пункта, сельскохозяйственного предприятия, считая от крайних домов и других построек;

- выше и ниже устья впадающих рек и ручьев;
- выше и ниже пересечения реки с автомобильной или железной дорогой, трубопроводом (рис. 8.2).

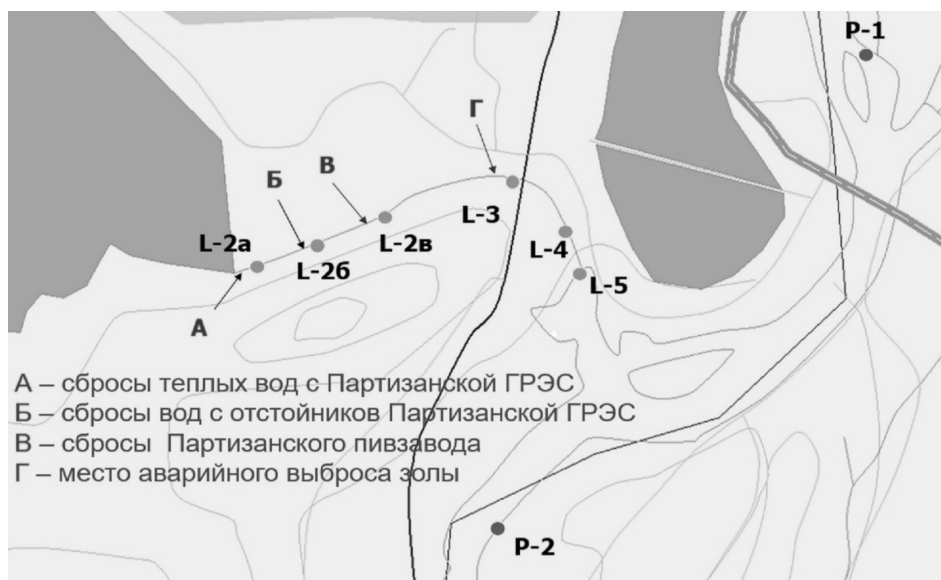


Рис. 8.2. Источники загрязнения и станции отбора проб на р. Партизанская (Приморский край) [10]

Если в реку сбрасываются сточные воды, то участок обследования ниже места сброса намечают там, где происходит полное смешение стоков с речной водой, примерно в 500 метрах ниже места, где производится сброс сточных вод. Для малых рек этого расстояния вполне достаточно для полного смешения, однако для рек с плесами и водоемов (озер, водохранилищ) расстояние от места сброса до створа полного смешения может быть и другим, это зависит от скорости и характера течения реки, а также ряда других причин.

Вы должны быть уверены, что выше *фоновой станции* существенные источники загрязнений отсутствуют и она на самом деле является эталонной при сравнении результатов. Если водоток имеет много источников загрязнений вверх по течению и нет возможности найти действительно незагрязнённый участок для сравнения, то станцию, расположенную выше тестируемой, называют *условно фоновой*, так как она является фоновой только по отношению к ниже расположенной тестируемой станции и не может рассматриваться в качестве настоящего природного эталона. Ещё один вариант выбора фоновой станции – подбор похожего места на соседнем незагрязненном притоке. Для этого необходимо подобрать место с очень похожими условиями, чтобы ширина, глубина, тип субстрата, уклон, температурные показатели, степень облесённости и другие факторы были сходными с тестируемой станцией.

Фоновая и тестируемая станции должны быть очень похожими и располагаться в одинаковых зонах/подзонах макро- и мезоценозов. Другими словами, если фоновая станция расположена на *перекате по центру русла* (на стрежне), то и тестируемая станция должна находиться на *перекате по центру русла*. Иначе наблюдаемые различия могут быть вызваны не загрязнениями, а естественными различиями разнотипных местообитаний.

Ещё одно важное условие, которое следует соблюдать при установке станций: *места отбора проб фоновой и тестируемой станций должны располагаться в одинаковых биотопах*. Таким образом, при организации отбора проб в работах по выявлению антропогенного влияния на водных объектах должно соблюдаться главное условие – сравнивать сравнимое.

Пробоотборники и методы отбора проб. В зависимости от поставленных задач выбирают методику отбора проб и пробоотборники (см. гл. 4). Отбор проб можно производить по собственной схеме или по предлагаемым протоколам (Протокол 1 и 2) (см. гл. 4, п. 4.4.4).

Когда проводить отбор проб. Отбор проб необходимо проводить в меженьный период или, по крайней мере, спустя 5–6 дней после выпадения осадков, когда вода в реке вошла в обычное русло.

Регулярность отбора проб в течение сезона. Поскольку сообщества водных беспозвоночных динамичны в сезонном аспекте, для более полного сбора данных пробы желательно отбирать в течение вегетационного периода – весной, летом и осенью.

Мы рекомендуем для проведения полноценных исследований отбирать пробы по следующей схеме (табл. 8.1), то есть начиная с первой декады мая до осени – через каждые 10 дней.

Количество серий можно сократить и после проведения предварительных полных исследований перейти на 2–3 контрольные серии отбора проб, и в течение последующих лет мониторинга отбирать пробы только в это время,

сравнивая результаты разных лет и выявляя тренд изменений в структуре сообществ, видовом составе, других структурно-функциональных характеристиках.

Рекомендуется осуществлять зимний отбор бентоса. Зимние сборы повысят качество выполняемых исследовательских работ и более глубоко раскроют специфику функционирования донных сообществ и их динамику в сезонном аспекте, в них попадут все виды, развивающиеся по разным жизненным циклам. Отбор проб зимой осуществляется либо в районах существующих проталин, либо при снятии ледового покрытия.

Таблица 8.1

Рекомендуемая схема отбора проб при проведении полных исследований

Период	I декада (1–10)	II декада (10–20)	III декада (20–30)
Весна: 2 серии	Май: 1 серия		Май: 2 серия
Лето: 4 серии		Июнь: 3 серия	
	Июль: 4 серия		Июль: 5 серия
		Август: 6 серия	
Осень: 3 серии	Сентябрь: 7 серия		Сентябрь: 8 серия
		Октябрь: 9 серия	
Зима: 1 серия	Декабрь	Январь	Февраль

Станции и точки отбора проб. На одной и той же станции пробы могут отбираться в различных точках (*sampling site*). Понятия *станция* и *пробная точка*, как уже говорилось выше, не следует смешивать. *Точку отбора* пробы нумеруем или буквенно кодируем *проба 1*, а более точно – *проба 1(Rup)*, это означает, что она собрана на верхнем перекате. Тогда, если проба собрана на станции 7, – её код будет: St. 7 (Sample 1: Rup). Удобная и простая кодировка проб важна для упорядочивания информации и для формирования баз данных.

Важными понятиями являются *продольное и поперечное структурирование водотока* с выделением крупных и более мелких субъединиц: *продольные структурные участки*: *плёс* (pool, P), *перекат* (riffle, R), *слив* (run, T), а также *поперечные*: *рипаль* (прибрежье) и *медаль* (стрежневой участок водотока), так как в каждом из них складывается свой комплекс организмов, соответствующий определённым условиям обитания. Поэтому точки отбора проб следует выбирать, учитывая этот феномен, и соответственно их кодировать. Для проведения исследования, учитывающего мозаичность распределения бентоса, точки отбора проб следует располагать на разных участках мезоценоза.

Станция или створ? В отечественной литературе место отбора проб называют *станция* или *створ*. Следует уяснить разницу между этими понятиями. *Створами* называются воображаемые линии на поверхности воды, направленные перпендикулярно направлению течения, на которых проводят серии наблюдений. При этом отбор проб на створах осуществляется «попе-

речно», вдоль этой воображаемой линии от одного берега к центру русла или до противоположного берега. Как правило, пробы на створах отбираются на крупных водотоках, с помощью одного типа пробоотборника – дночерпателя, обычно с помощью доступных плавсредств.

Мы рекомендуем использовать слово «станция» (station), понимая под этим небольшой участок русла реки, длина береговой линии которого может устанавливаться произвольно от 1 до 10 или более метров, в зависимости от поставленных задач. В районе станции сборы проб осуществляются как в перпендикулярном направлении от берега, так и в продольном. На станции может быть одна или несколько «точек отбора» (sampling sites), с которых отбираются пробы. Причём пробы могут отбираться выше и ниже поперечного сечения, с точек, характеризующихся разными условиями. Например, в районе одной станции могут отбираться пробы как в прибрежье, так и на стрежне, как на плёсе, так и на перекате; могут отбираться разными методами и пробоотборниками. В дневнике и на этикетке пробы обозначаются как собранные на **станции 1**, однако уточняется, в какой точке или местообитании они отбираются. Такой *точечный отбор бентоса* (в конкретной точке, конкретным методом, конкретным пробоотборником) называется «проба», которую шифруем полевым номером, используя проходную нумерацию (рекомендуем нумеровать пробы последовательно от начала до конца всего полевого сезона, а в следующем году начинать новую нумерацию опять от 1 до...X). Таким образом, на одной и той же станции могут отбираться пробы из нескольких точек и разными способами.

Контрольные вопросы

1. Какие элементы включает план действий при проведении пресноводного мониторинга?
2. Определите цели и задачи пресноводного мониторинга.
3. Как осуществить выбор района работ и мест отбора проб?
4. Какие станции отнести к фоновым?
5. Какие требования предъявляются к пробоотборникам и методам отбора проб?
6. Поясните, сколько раз рекомендуется проводить отбор проб в течение сезона?

Глава 9. АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГА. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КАРТАМИ

9.1. Этапы экологического мониторинга

Экспресс-мониторинг пресных вод осуществляется в несколько этапов. Ниже прописан алгоритм работы при проведении научно-общественной экспертизы. Почему научно-общественной? Дело в том, что если отбор химико-микробиологических и гидробиологических проб общественные эксперты могут провести самостоятельно, следуя инструкциям и рабочим протоколам, то аналитические работы по определению качества воды на основе химических и микробиологических показателей возможны только при участии высококвалифицированных специалистов. Поэтому рекомендуется установить тесные рабочие отношения с научными центрами, институтами, ведомственными лицензированными лабораториями, чтобы на их базе проводить оценку качества воды на высоком профессиональном уровне. Тем не менее, при наличии возможностей определения простых химических показателей (например, школьная лаборатория) можно провести такие анализы и приложить результаты к протоколу исследований. Если надзорные органы сомневаются в результатах, тогда они должны проводить собственные исследования и доказывать, что ваши данные не корректны. В случае согласия с вашими данными принимаются меры реагирования по выявленным экологическим нарушениям.

Рекомендуется следующий алгоритм проведения научно-общественной экспертизы экологического состояния водного объекта:

А. Полевые работы

1. Отбор проб и регистрация материала в полевых условиях.
2. Описание мест и условий сбора.
3. Составление акта натурных исследований.

Б. Камеральные работы

1. Камеральная сортировка материала (до групп организмов).
2. Регистрация и этикетирование коллекционного материала.
3. Определение материала.
 - 3.1. Самостоятельное определение до групп (работа с определителями водных беспозвоночных).
 - 3.2. Определение со специалистами до возможного низшего уровня (оптимально – до вида).
4. Подсчёт и взвешивание организмов (взвешивание организмов производится в специальных случаях при обработке количественных проб). Составление ранжированных списков.
5. Определение толерантных значений организмов, определение принадлежности организмов к определенным функционально-трофическим группировкам.
6. Расчет биотических индексов и метрик.
7. Определение видовой и трофической структуры. Определение доминантных видов и групп.

В. Анализ материала

8. Сравнительный анализ полученных данных по избранным химическим, микробиологическим и гидробиологическим показателям.

9. Формирование заключений.
10. Составление экологических карт.
11. Оформление протоколов биоассессмента.

Г. Подготовка документов по результатам исследования

12. Подготовка окончательного комплексного заключения.
13. Подготовка окончательного отчёта (протокола с приложенным актом натурных исследований, фото- и видеоматериалов).

Д. Передача результатов в ведомства и надзорные органы

14. Подготовка обращений в ведомства, надзорные и контролирующие органы с приложением экспертного заключения актов и протоколов исследования, заключения экспертной группы.

Е. Публикация и освещение результатов исследований в СМИ

15. Занесение результатов экспертизы на экосайт (<http://east-eco.com>).
16. Проведение круглых столов, семинаров по обсуждению полученных данных и результатов исследований; консультации со специалистами.
17. Оформление и публикация научных статей, презентаций.
18. Освещение результатов в СМИ.

Ж. Организация контроля по решению выявленных проблемы

19. Необходимо создать комиссию из представителей научного и экспертного сообщества с включением представителей администрации и местной общественности, которая бы осуществляла контроль за деятельностью административных и надзорных органов по решению выявленных вами экологических проблем.

При подготовке актов и протоколов обследования следует обязательно указывать следующую информацию (прил. Д):

Место проведения экспертизы (адрес, географические координаты).

Время составления акта.

Состав членов комиссии или группы экологов с указанием Ф.И.О., должности, области компетенции эксперта.

В рамках какого мероприятия (рейд, повторное обследование, внеплановое обследование) проводится экспертиза.

Время проведения обследования объекта с точным указанием времени (формат XX часов, XX минут, по XX часов, XX минут).

Цель обследования.

Выявленные нарушения (подробно).

Время отбора проб, количество, описание тары, для какого исследования отбираются пробы (биохимия, органолептика, микробиология и т.д.).

Подготовить Перечень материалов отдельным списком, в котором указать название документов и количество страниц или экземпляров.

Подписи руководителя и членов комиссии с расшифровкой подписи. Иногда в актах приводят информацию об экспертах, их квалификации, научной степени, должности, другой, подтверждающей квалификацию информации.

Правовая основа при направлении актов и результатов лабораторных исследований. Полученные результаты лабораторных исследований (протоколы), первичные акты (акты натурных обследований) и само обращение направляются в полномочные органы для принятия мер по устранению выявленных в ходе обследования нарушений природоохранного законодательства.

Адресатами такого обращения могут стать как физические лица: предприниматели, руководители предприятий, так и государственные, муниципальные органы и/или надзорные органы (в зависимости от формы собственности исследуемого объекта: предприятие, земельный участок, водоём, мусорный полигон, несанкционированная свалка и т.д.).

В случаях, если остановить нарушителя не представляется возможным при первичном убеждении (обсуждении), направляется обращение в муниципальное образование и региональные надзорные органы: управления Росприроднадзора, Россельхознадзора, Роспотребнадзора и т.д., или прокуратуру муниципального образования.

В своих обращениях обязательно нужно указывать полностью фамилию, имя и отчество заявителя, обратный адрес или электронную почту, если ответ планируется получить на электронный адрес отправителя, дату отправки и перечень приложений.

В заключение необходимо сослаться на действующее законодательство РФ, вне зависимости от выявленных правонарушений можно указать на нарушения:

– **ст. 42 Конституции России.** «Право на благоприятную окружающую среду представляет собой: во-первых, нравственный принцип, выраженный в правовой норме Конституции; во-вторых, принцип для построения системы объективного экологического законодательства, а также его важнейшую норму; в-третьих, субъективное право гражданина, которому корреспондируют обязанности государства по поддержанию окружающей среды в благоприятном состоянии, а также проведению различных мероприятий по устранению отрицательных воздействий неблагоприятной среды на человека».

Право, закрепленное в комментируемой статье, распространяется на граждан России, иностранных граждан и лиц без гражданства;

– **ст. 58 Конституции России.** «Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам».

Поскольку право на благоприятную окружающую среду связано с обязанностью государства поддерживать её в благоприятном для жизни состоянии, осуществление данной обязанности может быть только результатом соединенных усилий всех и каждого человека в отдельности, сохранять природную среду его обитания;

Федеральный закон от 10 января 2002 г. «Об охране окружающей среды» (№ 7-ФЗ ст. 11, 12, 68) предусматривает право граждан:

– направлять обращения в органы государственной власти РФ, органы государственной власти субъектов РФ, органы местного самоуправления, иные организации и должностным лицам о получении своевременной, полной и достоверной информации о состоянии окружающей среды в местах своего проживания, мерах по ее охране;

– принимать участие в собраниях, митингах, демонстрациях, шествиях и пикетировании, сборе подписей под петициями, референдумах по вопросам охраны окружающей среды и в иных, не противоречащих законодательству РФ акциях;

– выдвигать предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в её проведении в установленном порядке;

– оказывать содействие органам государственной власти РФ, органам государственной власти субъектов федерации, органам местного самоуправления в решении вопросов охраны окружающей среды;

– обращаться в органы государственной власти РФ, органы государственной власти субъектов федерации, органы местного самоуправления и иные организации с жалобами, заявлениями и предложениями по вопросам, касающимся охраны окружающей среды, негативного воздействия на окружающую среду, и получать своевременные и обоснованные ответы;

– ст. 19, 20, 21, 22 Федерального закона от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе». «Общественные организации (объединения), осуществляющие общественную экологическую экспертизу в установленном настоящим федеральным законом порядке, имеют право:

– получать от заказчика документацию, подлежащую экологической экспертизе, в объеме, установленном в пункте 1 статьи 14 настоящего федерального закона;

– знакомиться с нормативно-технической документацией, устанавливающей требования к проведению государственной экологической экспертизы;

– участвовать в качестве наблюдателей через своих представителей в заседаниях экспертных комиссий государственной экологической экспертизы и участвовать в проводимом ими обсуждении заключений общественной экологической экспертизы; а также на нормы:

Федерального закона от 21.07.2014 № 212-ФЗ «Об основах общественного контроля в Российской Федерации»;

Федерального закона от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;

Требования Водного кодекса РФ, Земельного кодекса РФ, СанПиНы, муниципальные правовые акты и иные правовые документы.

9.2. Физические и биотические параметры среды, рекомендуемые для учёта при проведении мониторинга

При проведении экологического мониторинга одновременно с отбором химико-микробиологических и гидробиологических проб следует учитывать физические условия среды, которые помогают объяснить формирование определённых типов сообществ и возникновение их изменений при антропогенном вмешательстве. Таким образом, описание таких параметров входит в алгоритм пресноводного биоассессмента. Приведём перечень наиболее важных физических параметров:

1. *Экорегион* – определите экорегион на основании известных сведений или соотнесите его с наиболее крупным водотоком, к бассейну которого относится ваш водоток. Прорисуйте на карте границы водосборной площади бассейна.

2. *Тип бассейна* – определите тип бассейна *основной реки* и *конкретного водотока*, который вы собираетесь исследовать, по его размеру (большой, средний, малый) (см. гл. 3). Размер бассейна определяется *площадью водосбора*.

3. *Площадь водосбора реки* (км²) – для определения площади водосбора на карте устанавливают *водораздел* и измеряют ограниченную им площадь. Измерение площади водосбора по картам производится планиметром. Определив водосборную площадь главной реки и ее притоков, можно обобщить полученные данные в виде графиков, дающих наглядное представление о распределении всей площади между отдельными притоками и об увеличении площади бассейна в зависимости от увеличения длины реки. Площадь водосбора рек, расположенных в одинаковых физико-географических условиях, непосредственно определяет *водность реки*: чем больше река, тем она полноводнее.

4. *Длина водотока* (км) – определите длину реки по карте курвиметром от истока до устья. Реки по длине русла относят (независимо от площади бассейна) к *самым малым*, если их длина менее 25 км (дополнительные градации: менее 10 км и 10–25 км), к *малым* – если длина русла до 100 км (дополнительные градации: 26–50 км и 51–100 км), к *средним* – если длина русла колеблется в пределах 101–300 км (дополнительные градации: 101–200 км, 201–300 км), большие – 501–1000 км).

5. *Размеры водоёма*. Длиной озера или пруда называют кратчайшее расстояние между двумя наиболее удалёнными точками, находящимися на берегу водоёма; максимальной шириной – наибольшее расстояние между берегами по перпендикуляру к длине водоёма. Эти параметры измеряются мерной верёвкой, а при значительных размерах водоёма – с помощью угломерной съёмки.

6. *Водоохранная зона* (м) – величину водоохранной зоны определяют исходя из длины водотока (см. гл. 2).

7. *Исток* – определите *место истока*, его *координаты* и *расположение над уровнем моря*. Исток – это место, где водоток берёт своё начало. На географической карте исток иногда представляют условной точкой. Истоком обычно является начало ручья, получающего воду из родника, ледника, озера или болота. На болотных реках за исток часто принимается точка, с которой появляется открытый поток с постоянным руслом. Истоком реки, вытекающей из озера, считается место выхода потока из тела озера. В речной системе, имеющей большое количество истоков, *главным* считается исток, наиболее удалённый от устья или наиболее многоводный. Нередко началом крупных рек считается место слияния двух рек, носящих разные названия. В этом случае следует различать гидрографическую длину реки, представляющую собой сумму длин основной реки и той из её образующих, исток которой наиболее удалён от места слияния.

8. *Питание водотока* – определите питание водотока. Обычно питание водотока осуществляется посредством: а) *дождевой* или *талой снеговой воды*, стекающей с поверхности суши; б) воды, поступающей со дна русла и из бортов долины (*грунтовое питание*).

9. *Порядок водотока* – классификация рек по порядкам разработана Р. Хортоном.

Рекой *первого порядка* считается водоток, не имеющий притоков; соответственно *второй порядок* имеет река с притоками первого порядка и т.д. Уместно проследить главную реку до её верховий, где все притоки будут реками 1-го порядка. При слиянии двух водотоков 1-го порядка образуется река 2-го порядка и т.д. Изменение порядка реки постепенно приводит к переходу от периодически пересыхающих верхних участков (вода иногда может исчезать с поверхности, сохраняясь в подрусловом стоке) к участкам с постоянно текущей водой, увеличению протяженности реки, расходу воды и увеличению площади бассейна.

10. *Уклон* (‰) – определите *уклон водотока* и *уклон участка водотока*, на котором отбираются пробы. Уклон – это отношения падения водотока на каком-либо её участке к длине этого участка. Уклон реки выражается в промилле (‰) или в процентах, а также как величина падения на длину участка. Для горных рек и водопадов иногда используется измерение в угловых градусах. На *равнинных* реках уклон реки составляет порядка сотых долей промилле (первые единицы и десятки сантиметров на километр). На *горных* реках уклон реки может быть в сотни раз больше (метры и десятки метров на километр и больше). Обычно рассматривается *продольный уклон реки* по направлению её течения. Продольный

уклон реки, как правило, уменьшается от истока к устью, но на отдельных реках, в зависимости от характера рельефа местности, типа горных пород и грунтов, в которых проходит русло, изменение уклона по длине реки может носить различный характер. Определение уклонов по участкам производят по уровням воды в период межени (низкой, устойчивой водности). Для всей реки общий уклон находят путём осреднения уклонов отдельных её участков. На горных реках наблюдается наличие участков с крутым падением (на которых расположены пороги и стремнины).

11. *Тип водотока* – определите тип водотока исходя из следующих категорий: постоянные и временные; естественные (реки и ручьи) и искусственные (каналы); поверхностные и подземные водотоки.

12. *Зона водотока* (в продольном аспекте) – определите зону и подзону водотока.

Основные зоны: *креналь* (с подзонами *эу-* и *гипокреналь*), *ритраль* (с подзонами: *эпи-, мета- и гипоритрали*) (см. гл. 3).

13. *Тип местообитания* – определите *тип местообитания* в связи: а) с преобладающим субстратом (каменисто-галечный, песчаный, древесный завал, моховые обрастания и пр.); б) в связи с продольной структурой: *плёс* или *перекат*; в) в связи с поперечной структурой: *прибрежье* или *стрежень*.

14. *Температура воды* – температуру на поверхности воды можно измерить обычным водным термометром, по соображениям безопасности необходимо использовать спиртовой термометр, а не ртутный, так как ртуть – очень ядовитое вещество. Термометр опускают в воду примерно на 1/3 шкалы и выдерживают в течение 3–5 минут. Затем, не вынимая полностью термометр из воды, определяют значение температуры с максимально возможной точностью, которая, однако, зависит и от термометра. В гидрологии необходимая точность составляет 0,1°C. Важно правильно выбрать место для измерения температуры. Прибрежные мелководные участки быстро прогреваются, и их температура может значительно отличаться от температуры основного водного потока. Если река небольшая и неглубокая, то температуру надо измерить на середине реки, войдя в воду. Если есть возможность измерить температуру воды только в прибрежной зоне, то надо найти участок с глубиной не менее 0,3 м (отметьте это в журнале). Если на исследуемом участке имеется выход родниковых вод, измерения температуры надо проводить в нескольких метрах выше родника. Все измерения необходимо повторить дважды или трижды во избежание случайной ошибки. Если два последовательных измерения сильно отличаются друг от друга, надо измерить температуру еще раз. В этом случае окончательный результат получают как среднее двух наиболее близких значений: $t = (t_1 + t_2) / 2$.

15. *Скорость течения* (м/сек) – определите скорость течения либо поплавковым методом (поверхностная скорость), либо с помощью специальных приборов – *тахиметров*. Можно охарактеризовать скорость течения визуально: 0 – нулевая, 1 – очень медленная, 2 – медленная, 3 – умеренная, 4 – быстрая, 5 – очень быстрая.

Поплавки для измерения скорости течения представляют собой деревянные кружки диаметром 10–20 см, толщиной 3–5 см, их окрашивают в яркий цвет, чтобы они были хорошо заметны в воде. Можно изготовить поплавки на месте, отпилив от сухого дерева, или просто использовать для этой цели небольшие щепки. Хорошими поплавками служат бутылочные пробки из пробкового дерева. Следует учитывать, что измерение скорости течения реки поверхностными

поплавками не стоит проводить при сильном ветре. Измерение проводят не менее 3 раз, затем вычисляют среднее значение.

16. *Ширина русла* (м) – измерьте рулеткой или размеченной верёвкой расстояние от левого до правого берега водотока, прикладывая ленту рулетки к урезу воды. Точки на створе, в которых измеряется глубина реки, называются *промерными*. Количество промерных точек для исследуемой реки определяют следующим образом: на реках шириной 10–50 м их назначают через 1 м, на реках шириной 1–10 м – через 0,5 м, для реки или ручья шириной до 1 м достаточно 2–3 промерных точек.

На выбранном створе исследуемой реки, поперек течения (это важно!) натягивается размеченная веревка, по ней определяется ширина реки. В соответствии с измеренной шириной фиксируют число промерных точек и их положение на створе. При этом важно помнить, что первая и последняя точки должны находиться непосредственно на урезе воды. Продвигаясь вдоль рулетки (веревки) в назначенных точках опускают промерную рейку до дна (старайтесь держать рейку вертикально) и фиксируют деление, на уровне которого находится вода – это и есть глубина реки в данном месте. Данные измерений заносятся в форме таблицы или отмечаются на условной схеме сечения реки.

17. *Глубина* – глубину реки можно определить только прямыми измерениями с помощью *водомерной рейки* или *лота*. На крупных реках с глубинами до 25 м используют *лот* – металлический груз весом от 2 до 5 кг, прикрепленный на прочном тросе с соответствующей разметкой. В случае изучения малых рек вполне достаточно водомерной рейки. Она представляет собой деревянный шест диаметром 4–5 см с нанесенной на ней сантиметровой разметкой, при этом нулевое деление должно совпадать с одним из концов шеста. При измерениях глубины рейка опускается нулевой отметкой вниз. Длину рейки можно выбрать, исходя из предполагаемых глубин исследуемых рек, но обычно ее делают не длиннее 1,5–2 м. Если река мелкая, то измерять глубину можно, переходя реку вброд. Если река глубокая, то измерения приходится проводить с лодки.

Обязательно указывайте *глубину отбора пробы* (см), желательно указывать максимальные глубины на участке отбора проб. Укажите, на каком *расстоянии от берега* (м) отбирается проба.

18. *Поперечный профиль реки* или *площадь поперечного сечения потока* (m^2). Важная характеристика для расчёта важной гидрологической характеристики – «расход воды». Измерить площадь водного сечения можно следующим образом: натяните поперек водотока ленту рулетки и с помощью линейки промерьте глубины через определённые промежутки ширины водотока. Затем рассчитайте полученную площадь (рис. 9.1).

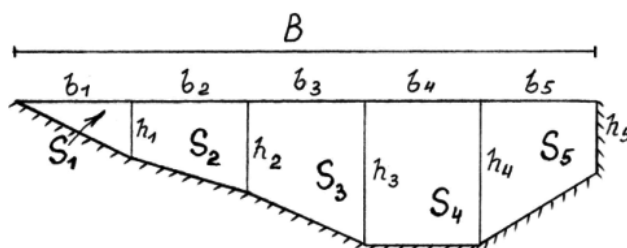


Рис. 9.1. Определение площади поперечного сечения русла реки w (m^2)

Площадь этого сечения можно найти как сумму площадей простых геометрических фигур, образованных промерными вертикалями. Этими фигурами могут быть повернутые под 90° прямоугольные трапеции (S_2 , S_3 и S_5), прямоугольники (S_4) или прямоугольные треугольники (S_1), площадь которых определяется по известным правилам – площадь прямоугольной трапеции равняется произведению полусуммы оснований (в примере – h_1 и h_2) на высоту, площадь прямоугольного треугольника равняется половине произведения катетов, а площадь прямоугольника произведению двух его сторон (12). В нашем случае основаниями, катетами и сторонами фигур будут измеренные глубины и расстояния между промерными точками. Полученную площадь сечения запишите в журнал:

$$S_1 = h_1 \times b_1 / 2 \quad w = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5, \quad (12)$$

где $S_2 = (h_1 + h_2) / 2 \times b_2$; $S_3 = (h_2 + h_3) / 2 \times b_3$; $S_4 = h_3 \times b_4 = h_4 \times b_4$; $S_5 = (h_4 + h_5) / 2 \times b_5$.

Разделив полученную площадь сечения (w , m^2) на измеренную ширину реки (B , m), получим значение *средней глубины реки* на створе:

$$h_{cp} = w / B. \quad (13)$$

19. *Расход воды* (m^3/c) – зная среднюю скорость течения и поперечную площадь сечения водотока, легко рассчитать расход воды по формуле:

$$Q = V \times w, \quad (14)$$

где Q (m^3/c) – расход воды в реке, V (m/c) – средняя скорость потока и w (m^2) – площадь водного сечения русла.

Вычисленное значение расхода воды также заносят в журнал.

20. *Продольный профиль реки* – график, характеризующий изменение отметок дна русла и водной поверхности по длине реки. На горизонтальной его оси откладывают расстояния по длине реки, а по вертикальной – абсолютные или условные отметки дна или уровня воды. Отсчет расстояния ведется от устья как наиболее стабильной точки. Продольный профиль, таким образом, характеризует изменение падения и уклона по длине реки. Определите левый и правый берег: для этого встаньте спиной к истоку – слева будет левый берег, справа соответственно – правый. Нарисуйте схематически профиль реки, нанеся промеры глубин с левого по правый берег.

21. *Падение реки* – разность высот двух каких-либо точек дна или водной поверхности ($H_1 - H_2$).

22. *Извилистость русла* – отметьте извилистость реки. Под гидрографической извилистостью понимают отношение длины реки между двумя точками течения со всеми ее излучинами к кратчайшему расстоянию между теми же точками. Извилистый характер речного русла возникает вследствие меандрирования руслового потока. Часто участки русел городских водотоков спрямляются и протекают по бетонным лоткам.

23. *Характер грунта* – определите тип дна на участке отбора проб в соответствии с типами донных субстратов (гл. 3). Можно пользоваться следующей шкалой: 1 – чистый ил (укажите толщину илового слоя); 2 – чистый песок (2.1. – мелкозернистый, 2.2. – крупнозернистый), 3 – илисто-песчаный, 4 – песчано-илистый, 5 – песчано-гравийный, 6 – песчано-гравийно-илистый, 7 – гравийный, 8 – галечно-гравийный, 9 – галечный (9.1. – мелкая галька, 9.2. – среднеразмерная галька), 10 – галечно-гравийный с валунами, 11 – валунный с галькой, 12 – каменистое плато, скальный грунт).

24. *Состояние берегов* (характер берегов, стабильность) – отметьте *высоту берегов* (в метрах): высокий, низкий; *укреплённость берегов*: подвержены эрозии или нет.

25. *Состав слагающих пород в прибрежье*. Отметьте, из чего сложен берег в данном месте: *песок, супесь, суглинок, глина* или др. Определяют состав пород, растирая щепотку почвы в ладони: *песок* легко растирается в ладони, *супесь* растирается так же легко, но при этом на руке чувствуется незначительное количество мягких пылевато-глинистых частиц; в *суглинках* этих частиц значительно больше, а *глинистые почвы* растираются с большим трудом или не растираются совсем.

26. *Плёсы и перекаты* – отметьте развитость перекатов и плёсов, преобладание одних или других, их размеры относительно ширины русла. Используйте визуальную оценку в процентах.

27. *Степень наполненности русла* – можно оценивать по следующим характеристикам: 0 – полностью пересохшее русло, 1 – полупересохшее русло (засушливый период), 2 – межень, 3 – слабо переполненное, 4 – переполненное 5 – сильно переполненное.

28. *Состав прибрежной растительности* – отметьте *состав древесных насаждений*: 1 – широколиственная, 2 – хвойная, 3 – смешанная (обязательно отметьте % хвойных насаждений).

29. *Тип прибрежной растительности* – отмечают следующие типы: 1 – древесная, 2 – кустарниковая, 3 – травянистая растительность, 4 – макрофиты; можно отмечать процентную представленность каждой группы растений. Уточнение: луг, кустарник, лес (хвойный, широколиственный или смешанный), болото.

30. *Степень развития береговой растительности* – отметьте этот параметр как фактор укрепления берегов: 0 – отсутствие, 1 – редкая, 2 – средняя плотность, 3 – плотная растительность.

31. *Затенённость русла* – важная характеристика, влияющая на развитие в донных сообществах диатомовых и других водорослей, ценного пищевого ресурса функционально-трофической группировки «скребущие». Степень освещённости можно измерять фотометром или по 6-балльной шкале: 0 – водоток полностью затенён кронами деревьев, 1 – слабый просвет, 2 – затемнённый просвет, 3 – хорошо освещён, 4 – затенён лишь у берега, 5 – полностью освещён.

32. *Развитие моховых обрастаний* – отмечайте визуально степень развития на камнях моховых обрастаний по балльной системе: 0 – отсутствие, 1 – мало (до 20% покрытости), 2 – умеренное покрытие (до 50% покрытости), 3 – плотное (50–80% покрытости), 4 – сплошное (100%, все камни, выступающие из воды покрыты мхом).

33. *Развитие макрофитов* – отмечайте визуально степень развития макрофитов в русле: 0 – отсутствие, 1 – мало, 2 – умеренное развитие, 3 – плотное, 4 – сплошное. Отмечайте типы макрофитов, ярусность (см. гл. 2, п. 2.3).

34. *Характер и объём детритных отложений* – отметьте наличие в русле листового и/или хвойного опада, древесного обломочного материала, других растительных остатков. Оценивайте визуально объём растительного материала в процентном отношении или по балльной шкале: 0 – отсутствие, 1 – мало, 2 – умеренное количество, 3 – много, 4 – очень много.

35. *Объём СПОМ, ФРОМ* – при промывании отобранных проб в промывальном сачке можно видеть частицы органического вещества и в процентном

отношении оценить объем грубодисперсной органики (СРОМ), тонкодисперсной органики (ФРОМ) и их относительную представленность (СРОМ/ФРОМ). Объем органического вещества оценивают по шкале: 0 – визуальное отсутствие, 1 – мало, 2 – умеренное количество, 3 – значительное количество, 4 – много, 5 – очень много.

36. *Антропогенное влияние на прибрежную территорию.* Отметьте степень освоенности прибрежной территории, уровень и качество антропогенного влияния (сельскохозяйственные поля, промышленные объекты, вырубка леса и т.д.). Следует иметь в виду, что хозяйственная деятельность человека на водосборе реки и ее берегах может оказывать существенное влияние на гидрологический режим. Осушение болот, отбор воды для бытовых и промышленных нужд, сбросы сточных вод и т.п. приводят к изменению водности реки. Особое внимание нужно обратить на случаи, когда идет забор воды на хозяйственные нужды с водосбора одной реки, а используется или возвращается в природу в водосборе другой. Это сильно влияет на природное распределение воды и может способствовать осушению одних территорий и заболачиванию других.

9.3. Современные методы мониторинга

Экологический мониторинг реализуется на разных уровнях – от глобального до локального. Подробно вопросы крупномасштабного мониторинга в водных бассейнах изложены в Методических указаниях... [23].

В последние годы в практике экологического мониторинга получили развитие технологии, связанные с использованием малых летательных аппаратов (дронов) – компактных и легко управляемых беспилотных летательных аппаратов.

Малые летательные аппараты эффективны в условиях низкой облачности и в темное время суток, позволяют получать снимки, разрешение которых в десятки порядков превышает разрешение спутниковых снимков, так как высота наблюдения может быть минимальной. Ограничением к использованию могут быть лишь осадки и сильный ветер.

При исследовании разлива оз. Ханка нами использовались малые летательные аппараты (квадрокоптеры), что выявило их преимущества. Так, действительные границы озера удалось определить лишь на снимках с квадрокоптера. На спутниковых снимках участки воды при толщине воды менее 0,5 м легко было спутать с территорией суши, заросшей травой, когда по факту они были подтопленной территорией, связанной с озером. Зеркало воды маскируется стеблями высших водных растений и плавающими макрофитами и на спутниковых изображениях может идентифицироваться как сухопутный участок, заросший травой. Конечно, при наличии больших площадей воды, покрытых плавающими макрофитами, по отличиям спектральных характеристик можно отличить воду, покрытую ряской, от безводного участка, заросшего травой. Однако, когда в водоёме появляются точечные включения кочек, заросших растительностью, точная идентификация подтопленных территорий по спутниковым снимкам может представлять большую сложность.

Эффективность использования данных, полученных в результате аэрокосмических и наземных наблюдений, существенно возрастает, если они представлены в пространстве, т.е. положены на карту.

При нанесении на карту района проведения мониторинговых работ необходимо правильно определить координаты на местности.

Определение географических координат – необходимое условие при описании района исследований и станций отбора проб. Определение координат границ исследуемых участков можно осуществить разными методами, в том числе с помощью GPS-навигаторов (Глонасс).

Географические координаты одной и той же точки могут быть выражены в разных форматах в зависимости от того, представлены минуты и секунды как значения от 0 до 60 или от 0 до 100 (десятичные доли).

Форматы координат. Формат координат обычно записывают следующим образом: DD – градусы, MM – минуты, SS – секунды, если минуты и секунды представлены как десятичные доли, то пишут просто DD.DDDD:

а) *классический формат* DD MM SS (ГГ°MM'CC.с"): 50° 40' 45" в.д., 40 50' 30" с.ш. – градусы, минуты, секунды;

б) *формат* DD MM.MM (ГГ°MM.ммм'): 50° 40.75' в.д., 40° 50.5' с.ш. – градусы, десятичные минуты;

в) *формат* DD.DDDDD (ГГ.ггггг°): 50.67916 в.д., 40.841666 с.ш. – десятичные градусы.

Многие программы не понимают координаты, выраженные в форме, допускающей пробелы, такие, как DD MM SS или DD MM.MM. Поэтому для организации нормальной работы координаты рекомендуется хранить в формате DD.DDDDD, которые будут прочитаны любой программой.

Определение координат и границ района исследований с помощью WEB-карт и приложений. Определение координат можно проводить с помощью электронных карт, WEB-приложений, представляемых различными серверами и порталами, например, www.EAST-ECO.com, Яндекс. Карты, Google Earth.

Определение координат на сайте www.EAST-ECO.com. Координаты можно определить на вкладке «Экокарта» (http://www.east-eco.com/eco_map/overview), выбрав кнопку «Новое событие». После этого, передвигая курсор к месту вашего исследования, можно узнать координаты местоположения вашей точки.

Определение координат на сервисе Яндекс. Карты (<https://yandex.ru/maps/>). На указанном сайте найдите район исследований, увеличьте формат и, щелкнув мышью по интересующему вас месту, увидите необходимые координаты.

Определение координат на портале Google Earth. Используя программу Google Earth, можно определить интересующие вас координаты путем передвижения по карте курсора и подведения к месту исследования.

Работа со спутниковыми снимками. SAS.Планета / SAS.Planet / SASPlanet – свободная программа с бесплатной лицензией, предназначенная для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения и обычных карт, представляемых такими сервисами, как Google Earth, Google Maps, Bing Maps, DigitalGlobe, «Космоснимки», Яндекс.карты, Yahoo! Maps, VirtualEarth, Gurtam, OpenStreetMap, eAtlas, iPhone maps, карты Генштаба и др. Но, в отличие от этих сервисов, все скачанные вами карты останутся у вас на компьютере, вы сможете их просматривать даже без подключения к Интернету. Помимо спутниковых карт возможна работа с политической, ландшафтной, совмещенной картами, а также картой Луны и Марса.

SasPlanet (Sas.Планета) – программа, обладающая необходимым для исследования функционалом, удобна в использовании, не требует особых навыков и может производить манипуляции с огромным количеством форматов. Это нави-

гационная программа, объединяющая в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности большого количества картографических online-сервисов. Распространяется на условиях GNU General Public License.

SAS.Планета предоставляет единый интерфейс загрузки и обработки картографического материала исследуемого участка от разных источников Яндекс.карты, Google.map и др. Это позволяет внутри одной программы выбрать оптимальный источник картографических данных.

Измерение расстояний и площадей происходит в три шага: 1) создание полигона; 2) открытие каталога Управление метками; 3) открытие информации о метке.

Загрузка карт осуществляется посредством выделения некоторой области (возможно непрямоугольной) или перемещения по карте. Карты часто обновляются – программа позволит вам загрузить только самые новые.

Имеется возможность сохранения части карты в одно изображение, которое можно просмотреть и обработать в любом графическом редакторе, а также использовать в других ГИС-системах.

Конвертация из одного слоя всех предыдущих – эта опция позволяет существенно сократить расходуемый интернет-трафик (например, можно скачать фото местности только в максимальном увеличении, а все остальные масштабы сформировать на его основе).

Программа SASPlanet позволяет не только с легкостью рассчитать длину русла реки или площадь озера, но и задать водоохранную зону для водоема в зависимости от его параметров. Таким образом, можно без труда определить, какие объекты попадают в границы водоохранной зоны водоема.

Кроме этого, в программе SAS Planet присутствуют следующие функции:

- загрузка и отображение объектов Wikimapia;
- поиск мест средствами интернет-служб Google и Яндекс;
- добавление пользовательских карт.

Таким образом, в современном пресноводном биоассессменте рекомендуется использовать все доступные средства экологического мониторинга, позволяющие наиболее полно изучить район исследований и оценить всё многообразие факторов, влияющих на формирование экосистем, находящихся в зонах антропогенного воздействия.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте этапы экспресс-мониторинга пресных вод.
2. Какие физические и биотические параметры среды учитываются при проведении мониторинга?
3. Для решения каких задач используется космическая и аэрофотосъемка?
4. Опишите схему выявления проблемной зоны и конкретизации ситуации крупномасштабного мониторинга в водных бассейнах.
5. Для чего необходимо определение координат границ исследуемых участков?
6. Как определить координаты с помощью GPS-навигаторов (Глонасс)?
7. Как с помощью электронных карт и WEB-приложений определить координаты?
8. Как работать со спутниковыми снимками?
9. Опишите возможности использования малых летательных аппаратов для экологического мониторинга?

НОРМАТИВНЫЕ И ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации. Принят Государственной Думой 12 апреля 2006 года. Одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 года (в ред. от 29.07.2017).
2. ГН 1.2.3111-13 Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень) (с изм. на 13 июля 2016 года). Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 09.12.2013. № 49.
3. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (с изм. на 13 июля 2017 года) / Министерство здравоохранения Российской Федерации // Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России. – М., 2003.
4. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения (измененная редакция, изм. № 1, № 2). Государственный контроль качества воды: сб. ГОСТов. – М.: Изд-во стандартов, 2001.
5. ГОСТ 17.1.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов (измененная редакция, изм. № 1). Охрана природы. Гидросфера: сб. ГОСТов. – М.: Изд-во стандартов, 2000.
6. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. Контроль качества воды: сб. ГОСТов. – М.: ФГУП Стандартинформ, 2010.
7. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (измененная редакция, изм. № 1). – М.: Изд-во стандартов, 2002.
8. ГОСТ 17.1.5.04-81 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия (с изменением № 1). – М.: Изд-во стандартов, 2003.
9. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. Контроль качества воды: сб. ГОСТов. – М.: ФГУП Стандартинформ, 2010.
10. ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
11. ГОСТ 24902-81 Вода хозяйственно-питьевого назначения. Общие требования к полевым методам анализа (измененная редакция, изм. № 1). Контроль качества воды: сб. ГОСТов. – М.: ФГУП Стандартинформ, 2010.
12. ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003.
13. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений. – М.: Стандартинформ, 2010.
14. Положение об осуществлении государственного мониторинга водных объектов (в ред. Постановлений Правительства РФ от 22.04.2009 № 351, от 17.10.2009 № 830, от 13.07.2011, № 572, от 14.11.2011 № 933, от 05.06.2013 № 476, от 18.04.2014 № 360).
15. Приказ МПР РФ от 6 февраля 2008 г. № 30 «Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водны-

ми объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями» (в ред. 30.03.2015).

16. РД 52.18.595-96 Федеральный перечень методик выполнения измерений, 11 допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды (измененная редакция, изм. № 1, № 2, № 3). – СПб.: Гидрометеиздат, 1996.

17. РД 52.24.635-2002 Методические указания. Проведение наблюдений за токсическим загрязнением донных отложений в пресноводных экосистемах на основе биотестирования. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003.

18. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003.

19. РД 52.24.633-2002 Методические указания. Методические основы создания и функционирования подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002.

20. РД 52.44.2-94 Охрана природы. Комплексное обследование загрязнения природных сред промышленных районов с интенсивной антропогенной нагрузкой. – М.: Гидрометеиздат, 1996.

21. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.

22. СанПиН 2.1.4.2580-10 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Изменения № 2 к СанПиН 2.1.4.1074-01. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 14, 05.04.2010 г.

23. Трансграничное водное сотрудничество в новых независимых государствах. Европейская экономическая комиссия ООН. Региональный Европейский офис программы ООН по окружающей среде. Министерство природных ресурсов РФ. Агентство по охране окружающей среды Швейцарии. Агентство экологических оценок «Экотерра». – Москва-Женева, 2003. – 60 с.

24. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 31.12.2017).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ*

1. Абакумов, В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 345 с.
2. Бакаева, Е.Н. Гидробионты в оценке качества вод суши / Е.Н. Бакаева, А.М. Никаноров; Российская акад. наук, Ин-т водных проблем. – М.: Наука, 2006. – 237 с.
3. Балущкина, Е.В. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: оценка качества вод р. Ижоры по структурным характеристикам донных животных в разные годы / Е.В. Балущкина // Биология внутренних вод. 2002. № 4. С. 61–68.
4. Баринава, С.С. Атлас водорослей – показателей сапробности (Российский Дальний Восток) / С.С. Баринава, Л.А. Медведева. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 364 с.
5. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: учебное пособие для студ. вузов / под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
6. Броцкая, В.А. Количественный учёт донной фауны Баренцева моря / В.А. Броцкая, Л.А. Зенкевич // Труды ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 3–150.
7. **Вшивкова, Т.С. Оценка экологического состояния водотоков с использованием водных беспозвоночных: краткое руководство по биомониторингу пресных вод для общественных экологических агентств / Т.С. Вшивкова; НОКЦ «Живая вода» и МЦЭМ БПИ ДВО РАН. – Владивосток, 2013. – 35 с.**
8. Вшивкова, Т.С. Проблемы загрязнения городских водотоков / Т.С. Вшивкова // Экологические проблемы природопользования и охрана окружающей среды в Азиатско-Тихоокеанском регионе: среды жизни, их охрана и восстановление / под ред. Н.К. Христофоровой, Н.В. Иваненко. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2016. – 135 с.
9. Вшивкова, Т.С. Международная инициатива в развитии пресноводного биоассессмента и охраны пресноводных ресурсов в регионе Восточной и Северо-Восточной Азии / Т.С. Вшивкова, Д.Б. Стриблинг, Д.И. Флатмерш, Д.С. Морз // Природа без границ: V Международный экологический форум. – Владивосток, 2011. С. 1–4.
10. **Груздев, В.С. Биоиндикация состояния окружающей среды / В.С. Груздев. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 160 с.**
11. Другов, Ю.С. Экспресс-анализ экологических проб / Ю.С. Другов, А.Г. Муравьев, А.А. Родин. – 3-е изд. – М.: БИНОМ.ЛЗ, 2015. – 427 с.
12. Зинченко, Т.Д. Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям / Т.Д. Зинченко, Л.А. Выхристюк, В.К. Шитиков // Известия Самарского научного центра РАН. 2000. Т. 2, № 2. С. 233–243.

* Литература, выделенная жирным шрифтом, является обязательной к изучению.

13. Константинов, А.С. Общая гидробиология / А.С. Константинов. – М.: Высшая школа, 1979. – 480 с.
14. Котелевцев, С.В. **Экологическая токсикология и биотестирование водных экосистем: учеб. пособие** / С.В. Котелевцев, Д.Н. Маторин, А.П. Садчиков. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 252 с.
15. Макрушин, А.В. Биоиндикация загрязнений внутренних водоемов / А.В. Макрушин // Биологические методы оценки природной среды. – М.: Наука, 1978. С. 123–137.
16. Молчанов, Я.П. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: учеб. пособие для студ. вузов / Я.П. Молчанов, Е.А. Заика, Э.И. Бабакина и др.; под ред. Т.В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
17. Окснюк, О.П. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О.П. Окснюк, В.Н. Жукинский и др. // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 29, Вып. 4. С. 62–76.
18. Папченков, В.Г. О классификации макрофитов водоемов и водной растительности / В.Г. Папченков // Экология. 1985. № 6. С. 8–13.
19. Опекунова, М.Г. **Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие** / М.Г. Опекунова. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2016. – 300 с.
20. Пушкарь, В.С. **Экология: учебник** / В.С. Пушкарь, Л.В. Якименко. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 397 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://znanium.com/catalog/product/972302>
21. Руководящие принципы мониторинга и оценки трансграничных рек. Специальная рабочая группа ЕЭК ООН по мониторингу и оценке, 2000. URL: <http://www.unece.org/env/water/publications/documents/guidelinesrivers2000.pdf>
22. Семенченко, В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод / В.П. Семенченко. – Минск: Изд-во «Орех», 2004. – 125 с.
23. Тихонова, О.И. Основы экологического мониторинга: учеб. пособие / И.О. Тихонова, Н.Е. Кручинина. – М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 240 с.
24. Шабанов, В.В. **Ведение мониторинга водных объектов в современных условиях: монография** / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин; Российский государственный аграрный университет. – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва). – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 126 с. URL: <http://elib.timacad.ru/dl/full/4078.pdf>.
25. Ясовеев, М.Г. Экологический мониторинг и экологическая экспертиза: учеб. пособие для студентов вузов / М.Г. Ясовеев, Н.Л. Стреха, Э.В. Какарека и др.; под ред. М.Г. Ясовеева. – Минск; М.: Новое знание: ИНФРА-М, 2015. – 304 с.
26. Barbour, M.T. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Weadable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition / M.T. Barbour, J. Gerritsen, B.D. Snyder, J.B. Stribling. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. 1999 // United States Environmental Protection Agency (US EPA). URL: <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/index-14.html>
27. Illies, J., Botosaneanu L. Problemes et methodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considerées surtout du point de vue faunistique // Int. Verh. Limnol. 1963. V 12. P. 1–57.

28. Lenat, D.R. Using Aquatic Insects to Monitor Water Quality. P. 68–91. In: Morse J.C., Yang L., Tian L. (eds.). Aquatic insects of China useful for monitoring water quality. Hohai University Press, Nanjing, People's Republic of China, 1994. – 507 p.

29. Morse, J.C. et al. Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia / J.C. Morse, Y.J. Bae, G. Munkhjargal, N. Sangpradub, K. Tanida, T.S. Vshivkova, B. Wang, L. Yang, C.M. Yule // *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2007. V 5, Iss. № 1. P. 25–43.

30. Vannote, R.L. The river continuum concept / R.L. Vannote., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, C.E. Cushing // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 1980. V 37. P. 130–137.

31. Vshivkova, T.S. Russian Clean Water Project: the Project of Biological Monitoring of Water Quality in South Russian Far East / T.S. Vshivkova, J.C. Morse, J.B. Glover Vladivostok, 2003. URL: 1.<http://ibss.febras.ru/files/00006500.pdf>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Словарь терминов

Автохтонное органическое вещество (autochthonous organic matter) – первичное органическое вещество, которое образуется внутри самого водоема за счёт фотосинтетической активности зелёных растений или хемосинтеза бактерий.

Акватория (water area) (от лат. *aqua* – вода; *territorium* – территория) – участок водной поверхности, ограниченный естественными, искусственными или условными границами.

Аквафер (aquifer) – водоносный горизонт, осадочная горная порода, представленная одним или несколькими переслаивающимися подземными слоями горных пород с различной степенью водопроницаемости.

Аккумуляция (accumulation) – процесс накопления в водных объектах наносов, воды, солей и т.д.

Аллохтонное органическое вещество (allochthonous organic matter) – органические вещества, поступающие в водоем извне, с площади его водосбора.

Аллювий (аллювиальные отложения) (лат. *alluviō* – «нанос», «намыв») (alluvium) – глина, ил, песок, гравий, галька и другие продукты разрушения пород земной коры, перемещённые и отложенные водой.

Анаэробное состояние (anaerobic state) – состояние воды, в которой растворенный кислород содержится в количестве, недостаточном для поддержания существования аэробных бактерий; состояние, характеризующееся отсутствием растворенного кислорода, нитрата и нитрита.

Анаэробы (anaerobic organisms) – организмы, способные жить при отсутствии кислорода благодаря бескислородному типу получения энергии путем расщепления органических и неорганических веществ.

Антропогенное воздействие (anthropogenic impact) – любой вид хозяйственной деятельности человека в его отношении к природе; прямое осознанное или косвенное и неосознанное воздействие человека и результатов его деятельности, вызывающее изменение природной среды и естественных ландшафтов.

Антропогенное эвтрофирование (anthropogenic eutrophication) – ускорение повышения биологической продуктивности водных объектов в результате хозяйственной деятельности, приводящее к серьезным структурным преобразованиям водных сообществ, а также к усилению развития фотосинтезирующих организмов, что нередко вызывает «цветение» воды и ухудшение ее качества.

Антропогенный метаболический регресс (anthropogenic metabolic regress) – состояние биоценоза, характеризующееся снижением активности биоценоза по сумме всех процессов образования и разрушения органического вещества, включая процессы первичного продуцирования водорослями макрофитов, перифитона и планктона, продукцию хемосинтетиков, а также вторичную продукцию бактерий и зоонаселения водоёма.

Антропогенные факторы (греч. *anthropos* – человек и *genesisum* – происхождение, лат. *factor* – дело) (anthropogenic factors) – экологические факторы, обусловленные различными формами влияния деятельности человека на природу. Антропогенные факторы могут быть первичными, или прямыми (истребление,

акклиматизация, интродукция), и вторичными, или косвенными (вырубка лесов, осушение болот, распашка земель и тому подобное).

Антропогенный экологический регресс (anthropogenic ecological regress) – состояние биоценоза, характеризующееся уменьшением разнообразия и пространственно-временной гетерогенности, упрощением межвидовых отношений, временной структуры, трофических цепей.

Аэробное состояние (aerobic state condition) – состояние воды, в которой растворенный кислород содержится в количестве, достаточном для поддержания существования аэробных бактерий.

Аэробы (aerobes) – организмы, живущие в среде, содержащей достаточное количество кислорода.

Банк данных (база данных) (data base) – исчерпывающий набор связанных файлов данных для определенного использования, обычно на накопителях с прямым доступом.

Бассейн реки (озера) (водосбор) (river/lake basin) – часть земной поверхности, откуда происходит сток вод в отдельную реку, речную систему или озеро.

Бенталь (benthic zone) – дно водоёмов, заселённое микроорганизмами, растениями и животными, обитающими на его поверхности или в толще грунта; совокупность населяющих бенталь организмов называют *бентосом*. Бенталь противопоставляется пелагиали.

Бентометр (benthometer) – пробоотборник для отбора количественных проб бентоса с определённой площади дна водотока или водоёма.

Бентос (от греч. *benthos* – глубина) – жизненная форма гидробионтов, обитающих на поверхности или в толще грунта. В состав бентоса входят бактерии (бактериобентос), растения (фитобентос) и животные всех типов (зообентос). Размеры бентосных животных могут отличаться на несколько порядков величин: *макробентос* – длина тела превышает 2,0 мм; *мезо (мейо)бентос* – длина тела от 0,1 до 2,0 мм; *микробентос* – длина тела не превышает 0,1 мм; выделяют также *эумикрозообентос* – размеры тела во взрослом состоянии не превышают 0,1 мм, *псевдомикрозообентос* – размеры тела не превышают 0,1 мм на разных этапах жизненного цикла.

Берег (bank – для обозначения речного берега, shore – для озёрных и морских берегов) – поднятый участок земли, ограничивающий реку; левый (правый) берег определяется, если стать лицом вниз по течению.

Береговой склон (coastal slope) – наклонный участок берега водного объекта.

Беспозвоночные (Invertebrata) – группа животных, которые не имеют позвоночника и костный скелет.

Биоассесмент (bioassessment) – *организованная система наблюдений, систематически планируемая, непрерывная, методологически и технически стандартная программа наблюдений, измерений и анализа отдельных физических, химических и биологических показателей, включая процедуры оценки и отчётности; это согласованная унифицированная программа, принятая или утверждённая на государственном или международном уровне в виде стандартных протоколов или других нормативных регламентирующих документов. В разных странах существуют различные системы биоассесмента, разрабатываются и региональные системы биоассесмента. Для восточной части России разрабатывается дальневосточная система пресноводного биоассесмента.*

Биогенное вещество (nutrient) – вещество, элемент или комплекс, необходимые для роста и развития растений и животных.

Биогеоценоз (от гр. *Bíos* – жизнь; *γη* – земля; *κοινός* – общий) (biogeocenosis) – сложная система взаимосвязанных биотических и абиотических компонентов окружающей среды, объединенных между собой причинно-следственными связями, потоками вещества и энергии; это природный комплекс, находящийся в границах определенного фитоценоза.

Биоиндикация (bioindication) – метод оценки состояния и изменений окружающей среды путем исследования состава, структуры, качественных и количественных характеристик индикаторных организмов и сообществ.

Биоиндикаторы (bioindicators) – группа особей одного вида или сообществ организмов, по наличию или состоянию которых судят об изменениях в водной среде.

Биологические показатели (biological indicators) – гидробиологические, микробиологические показатели и показатели, полученные при биотестировании.

Биом (biome) – крупная биосистема, которая характеризуется каким-либо доминирующим типом растительности или другой особенностью ландшафта, например, биом лиственных лесов умеренного пояса; совокупность сообществ, возникшая в результате взаимодействия регионального климата (макроклимата), региональной *биоты* и субстрата. Входящие в состав биома биогеоценозы тесно взаимосвязаны потоками энергии и вещества.

Биота (biota) – совокупность живых организмов флоры и фауны экосистемы (растений, грибов, животных и микроорганизмов) (флоры и фауны), связанных друг с другом сложными биотическими, а со средой – абиотическими взаимоотношениями.

Биотестирование (биологическое тестирование) (bioassay) – оценка качества объектов окружающей среды по ответным реакциям живых организмов, являющихся тест-объектами.

Биотоп (от греч. *Bíos* – жизнь и *τόπος* – место) (biotope) – относительно однородный по абиотическим факторам среды участок геопространства (суши или водоёма), занятый определённым биоценозом. Характерный для данного **биотопа** комплекс условий определяет видовой состав обитающих здесь организмов.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) (Biochemical Oxygen Demand, BOD) – показатель качества воды, характеризующий содержание в воде биохимически (с помощью бактерий) разлагающихся веществ (ср. с ХПК).

Бихроматная окисляемость (Chemical Oxygen Demand, COD) – см. Химическая потребность в кислороде.

Биоценоз (biocenosis) – это исторически сложившаяся совокупность животных, растений, грибов и микроорганизмов, населяющих относительно однородное жизненное пространство (определённый участок суши или акватории), и связанных между собой окружающей их средой. Выделяют – *климатерические*, *стабильные* (коренные), *осциллирующие* (циклические), *устойчивые*, *молодые*, *древние* биоценозы.

Болото (swamp, marsh, swampland) – участок земной поверхности, характеризующийся избыточным увлажнением в течение большей части года и специфической влаголюбивой растительностью. В болотах происходит накопление торфа.

Бриофилы (briophilic organisms) – обитатели плотных моховых обрастаний (группа растений, грибов, животных).

Быстротоки (current waters) – общее название для текучих вод, характеризующихся быстрым течением.

Взвешенные наносы (suspended sediments) – твердые частицы различного происхождения, переносимые потоком во взвешенном состоянии (в толще воды).

Видовое богатство (species richness) – это общий набор видов сообщества, который выражается списками представителей разных групп организмов. *Число видов* в сообществе зависит от многих факторов, например, от его географического положения, оно заметно возрастает при продвижении с севера на юг.

Видовое разнообразие (species biodiversity) – показатель, отражающий не только качественный состав биоценоза, но и количественные взаимоотношения видов; признак экологического разнообразия: чем больше видов, тем больше экологических ниш, то есть выше богатство среды; видовое разнообразие связано также с устойчивостью сообщества: чем больше разнообразие, тем шире возможность адаптации сообщества к изменившимся условиям, будь это изменения климата или других факторов.

Видовой состав (species composition) – совокупность видов, входящих в ту или иную территориально ограниченную группировку организмов (например, конкретный исследуемый участок, элемент биоценоза, речной бассейн).

Визуальные наблюдения (visual observation) – наблюдения за состоянием водоёма или водотока путём его осмотра, при которых следует обязательно отмечать явления, необычайные для данного водоёма или водотока и свидетельствующие о его загрязнённости (гибель рыбы и других водных организмов, земноводных и растений; выделение пузырьков донных газов; появление повышенной мутности, посторонних окрасок, запаха, цветения воды, пены, пленки и других посторонних предметов).

Водно-болотные угодья (wetlands) – влажные земли, участки местности, почва которых является аквифером с постоянной или сезонной влажностью; такие участки местности могут быть частично или полностью заняты водоёмами.

Водное законодательство (water legislation) – совокупность юридических норм, регулирующих отношения по использованию и охране вод.

Водное зеркало (water table) – водная поверхность поверхностных или подземных вод.

Водный кодекс РФ (Water Code of Russian Federation) – кодифицированный нормативно-правовой акт, являющийся основным источником, регулирующим отношения в сфере водопользования в России. Водный кодекс Российской Федерации принят Государственной думой 12 апреля 2006 года, одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 года и подписан Президентом Российской Федерации 3 июня 2006, вступил в силу 1 января 2007 года (согласно Федеральному закону от 3 июня 2006 года № 73-ФЗ «О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации»). Согласно статье 2 Водного кодекса Российской Федерации водное законодательство Российской Федерации состоит из Кодекса, других федеральных законов и принимаемых в соответствии с ними законов субъектов Российской Федерации, указов Президента, постановлений Правительства, актов иных органов исполнительной власти и местного самоуправления.

Водный объект (water body) – сосредоточение природных вод на поверхности суши либо в горных породах, имеющее характерные формы распространения и черты режима (по ГОСТ 19179); все формы сосредоточения воды на поверхности суши: реки, озёра, водохранилища, пруды, болота, ледники и другие.

Водные ресурсы (water resources) – поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы.

Водный режим (water regime) – изменение во времени уровня, расхода и объема воды в водном объекте.

Водоём (water body, reservoir) – скопление бессточных или с замедленным стоком вод в естественных или искусственных впадинах земной поверхности; водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием.

Водоотведение (sanitation) – любой сброс вод, в том числе сточных и дренажных, в водные объекты.

Водоохранные зоны (water protection zones) – в законодательстве Российской Федерации это территория, которая примыкает к береговой линии моря, реки, ручья, канала, озера, водохранилища и на которой устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления водного объекта и истощения его вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. В границах водоохранных зон устанавливаются *прибрежные защитные полосы*, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения хозяйственной и иной деятельности.

Водопад (waterfall) – вертикальное или очень крутое падение потока воды.

Водопользование (water use, water management) – использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и экономики.

Водопользователь (water users) – физическое лицо или юридическое лицо, которым предоставлено право пользования водным объектом.

Водораздел (watershed) – граница между смежными бассейнами (водосборами).

Водоросли (algae) – гетерогенная экологическая группа преимущественно фотоавтотрофных одноклеточных, колониальных или многоклеточных организмов, обитающих, как правило, в водной среде, в систематическом отношении представляющая собой совокупность многих отделов. Вступая в симбиоз с грибами, эти организмы в ходе эволюции образовали совершенно новые организмы – *лишайники*. Наука о водорослях называется *альгологией*.

Водосборный бассейн (также водосборная площадь, водосбор) (drainage basin, catchment area) – территория земной поверхности, с которой все поверхностные и грунтовые воды стекаются в данный водоём или водоток, включая различные его притоки. Чаще всего речь идёт о бассейнах рек.

Водоток (watercourse) – водный объект, водная масса которого перемещается от истока к устью вследствие разницы их положения над уровнем моря, т.е. под влиянием силы тяжести; обобщенное понятие для тех водных объектов, для которых характерно движение воды в направлении уклона в углублениях земной поверхности (реки, ручьи, каналы и т.д.).

Водоупорный пласт (impervious bed) – геологический пласт с малой водопроницаемостью.

Водохозяйственный кадастр (water-resources and users inventory, water utilization cadastre) – систематизированный свод данных о водных объектах и их водных ресурсах, о использовании, категориях пользователей. Кроме того, для оценки наличия и степени использования водных ресурсов, определения потребностей в воде ведутся водохозяйственные балансы.

Водохозяйственный комплекс (water-economic complex) – совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Водохозяйственный расчёт (water-management design) – расчет необходимого для хозяйства количества воды и возможности удовлетворения этой потребности данным источником водоснабжения.

Водохозяйственная система (waterworks facility) – связанные между собой водные объекты, гидротехнические, водопроводные, канализационные и другие сооружения, предназначенные для обеспечения рационального использования и охраны вод.

Водохозяйственный участок, гидрологический район (water-resources region) – часть речного бассейна, имеющая характеристики, позволяющие установить лимиты изъятия водных ресурсов из водного объекта и другие параметры использования водного объекта.

Водохранилище (reservoir) – искусственный водоем, используемый для накопления, регулирования и контроля водных ресурсов; искусственный водоем, образованный водоподпорным сооружением на водотоке в целях хранения воды и регулирования стока (ГОСТ 19179).

Высокое загрязнение водоема или водотока (essential water pollution) – явление, характеризующееся разовым увеличением содержания нормируемых веществ в воде водоёма или водотока (характеризуется грациями превышения ПДК загрязняющих веществ): для веществ 1–2-го класса опасности их содержание превышает ПДК от 3 до 5 раз; для веществ 3–4-го класса опасности их содержание превышает ПДК от 10 до 50 раз; для нефтепродуктов, фенолов, соединений меди, железа и марганца их содержание превышает ПДК от 30 до 50 раз. Кроме того, высокое загрязнение характеризуется показателями: биохимическое потребление кислорода (БПК) превышает 10 мг/л в пересчете на кислород; концентрация растворенного кислорода снижается до значений от 3 до 2 мг/л в пересчете на кислород. Высокое загрязнение характеризуется также наличием нефтяной или масляной пленки, покрывающей от 1/4 до 1/3 поверхности водоема или водотока, если его обозримая площадь до 6 км², или покрывающей от 1 до 2 км² поверхности, если его площадь более 6 км².

Выщелачивание (leaching, desalination) – процесс перехода в раствор водорастворимых веществ горной породы или почвы.

Географические координаты (geographic coordinates) – угловые величины: широта (p) и долгота (K), определяющие положение объектов на земной поверхности и на карте, положение точки на земной поверхности или, более широко, в географической оболочке.

Гидробиология (hydrobiology) – наука, изучающая водные организмы и условия их существования во взаимосвязи с окружающей средой.

Гидробиологические показатели качества воды (hydrobiological indicators) – показатели качества воды, определяемые по состоянию гидробионтов.

Гидробионты (hydrobionts) – все живые организмы: животные, растения, бактерии, развивающиеся и существующие в водной массе и донных отложениях водоёмов и водотоков.

Гидрогеология (hydrogeology) – раздел геологии, изучающий происхождение, распространение и свойства подземных вод.

Гидрографическая сеть (hydrographic network) – совокупность рек и других постоянных или временных водотоков, а также озер на какой-либо территории.

Гидрологическая станция (hydrological station) – учреждение, осуществляющее изучение гидрологического режима всех гидрологических объектов какой-либо территории (рек, озер, морей, водохранилищ, болот, ледников). Обычно гидрологической станции подчинена сеть гидрологических постов.

Гидрологический пост (stream flow measuring station) – пункт на водном объекте, оборудованный устройствами и приборами для проведения систематических гидрологических наблюдений.

Гидрологический режим (hydrological regime) – закономерные изменения гидрологических характеристик реки во времени, обусловленные комплексом природных и антропогенных факторов; фазы гидрологического режима: *половодье, паводок, межень*. Непродуманные действия человека могут нарушать естественный ход смены фаз водного режима. Известны случаи, когда на малых реках, протекающих в пределах населенных пунктов, неожиданно возникают паводки, вызванные большими сбросами сточных вод промышленных предприятий. Такие изменения сказываются на способности реки к самоочищению и оказывают влияние на качество воды в ней, поэтому изучение колебаний уровня воды на реках и озёрах имеет большое научное и практическое значение.

Гидрология (hydrology) – наука, занимающаяся изучением поверхностных вод и явлений и процессов в них протекающих. Гидрология исследует круговорот воды в природе, влияние на него хозяйственной деятельности человека и управление режимом водных объектов.

Гидрофиты (от гр. *hydror* – вода) (hydrophites) – растения водных местобитаний. В широком смысле гидрофиты – это и водоросли, эволюция и существование которых постоянно связаны с водой, и высшие растения, которыми водная среда была освоена вторично. Однако по традиции в группу гидрофитов объединяют макрофиты, т. е. высшие водные растения. В морях макрофитов мало, а пресноводная флора их очень разнообразна.

Гидрохимия (hydrochemistry) – научная дисциплина, изучающая химический состав природных вод, его изменения и причины этих изменений.

Гиполимнион (hypolimnion) – масса воды ниже термоклина в стратифицированных водных объектах.

Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) (global environmental monitoring system) – создана совместными усилиями мирового сообщества; основные положения и цели были сформулированы в 1974 г. на Первом межправительственном совещании по мониторингу. Первоочередной задачей была признана организация мониторинга загрязнения окружающей природной среды и вызывающих его факторов воздействия

Годовой сток (annual flow) – общий объем воды, стекающий в течение года с поверхности участка суши или в русле реки.

Государственная наблюдательная сеть (federal observation network) – наблюдательная сеть специально уполномоченного федерального органа исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях.

Гранулометрический состав донных отложений (particle-size analysis of bottom sediments) – содержание в донных отложениях твердых частиц различной крупности, выраженное в процентах от их массы или количества.

Грунтовые воды (groundwater) – подземные воды первого от поверхности Земли постоянного водоносного горизонта; образуются в основном за счет про-

сачивания (инфильтрации) атмосферных осадков и вод рек, озёр, водохранилищ и т.п.; в гидрологии – все неглубоко залегающие подземные воды, дренируемые гидрографической сетью.

Дамбы обвалования (lood-breaking dam) – гидротехническое сооружение периодического действия, ограждающее защищаемую территорию от негативного воздействия водных стихий.

Дельта реки (river delta) – сложенная речными наносами низменность в низовьях реки (приустьевой участок), прорезанная разветвлённой сетью рукавов и протоков; дельты, как правило, представляют собой особую экосистему как на планете в целом, так и в бассейне конкретной реки в частности.

Детрит (detritus) – взвешенные в воде частицы органического происхождения.

Детритофильные организмы (detritophilous organisms) – организмы, предпочитающие биотопы с детритными отложениями.

Деформация русел (channel deformation) – изменение формы и размеров русла рек в результате русловых процессов, природного и антропогенного происхождения.

Диатомовые водоросли (диатомеи) (лат. *Diatomeae*), или *бациллариофитовые водоросли* (лат. *Bacillariophyceae*) – группа одноклеточных и колониальных водорослей, отличающаяся наличием у клеток своеобразного «панциря», состоящего из диоксида кремния. Всегда одноклеточны, но встречаются колониальные формы. Обычно планктонные или перифитонные организмы, морские и пресноводные.

Дноуглубительные работы (dredging) – работы по углублению и расширению водоёмов и водотоков путем выемки грунта.

Долина реки (river valley) – вытянутая вдоль русла форма рельефа, имеющая понижение в сторону течения.

Доминанты (от лат. *dominans* (*dominantis*) – господствующий) (*dominants*) – виды, количественно преобладающие в данном сообществе, как правило, в сравнении с близкими формами или во всяком случае находящимися на одном уровне экологической пирамиды или ярусе растительности.

Донные наносы (влекомые наносы) (bed load) – песок, гравий и обломки горных пород, перемещаемые течением вдоль дна реки путем влечения и перекатывания.

Донные отложения (bottom sediments) – донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно в результате внутриводоёмных процессов, в которых участвуют вещества естественного и антропогенного происхождения.

Естественная экологическая система (natural ecological system) – объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы, в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией; в противоположность – нарушенная экосистема называется *импактной*.

Допустимая нагрузка (permissible load) – количество загрязняющих веществ, которое может принять водный объект без ущерба для состояния его экосистемы.

Дрифт (бентосток) (drift) – снос течением, закономерный процесс передвижения организмов в толще речной струи, происходящий под влиянием исторически закреплённых механизмов, управляющих расселением бентосных живот-

ных. Совокупность дрейфующих организмов называют *сиртон*. Различают *пассивный* (постоянный) и *активный* (поведенческий) дрейфт, соответственно этому совокупность организмов пассивно дрейфующих называют *эврисиртон* (организмы бентоса, которые оказались в струе в результате недостаточного сопротивления течению) и *эконосиртон*, к которому относятся организмы, оказавшиеся в толще воды в связи с особенностями жизненного цикла.

Жизненная форма (life forms) – морфологический тип приспособления животного или растения к основным экологическим факторам местообитания и к определенному образу жизни.

Загрязнение воды (water pollution) – введение в воду любых веществ, в естественных условиях не присутствующих в ней или имеющихся в меньших концентрациях (микроорганизмов, химикатов), которые ухудшают качество воды; поступление в водный объект загрязняющих веществ, микроорганизмов, отеплённых производственных вод: «изменения в физических, химических или биологических особенностях воды, воздуха или почвы, которые могут повлиять на здоровье или жизнедеятельность живых организмов» (Miller, 1988).

Загрязненность вод (water pollution) – содержание загрязняющих воду веществ, микроорганизмов и тепла, вызывающее нарушение требований к качеству воды.

Загрязняющее воду вещество (pollutant) – вещество в воде, которое вызывает нарушение норм ее качества.

Заморы (fish/hydrobionts kills) – массовая гибель рыбы гидробионтов из-за нехватки кислорода.

Засоление почвы (soil salinization) – процессы, при которых происходит повышение концентрации солей в почве (в основном вследствие испарения минерализованных грунтовых вод).

Затопление (наводнение) (flood) – 1) выход воды за пределы обычных границ реки или другого водного объекта; 2) регулируемое затопление в целях ирригации.

Затон (backwater) – часть акватории реки, защищенная от ледохода и течений.

Затор (ice-flocking) – скопление льда на участке реки, препятствующее течению воды.

Зона аэрации (aeration zone) – часть почв или грунтов, в которых поры частично заполнены водой, а частично – воздухом.

Зона влияния источника загрязнения (zone of influence of a source of pollution) – часть водоема или водотока, в которой превышаются фоновые значения показателя качества воды, но нарушение норм качества не наблюдается.

Зона загрязненности водоема или водотока (zone of impurity a water body) – часть водоема или водотока, в которой нарушены нормы качества воды по одному или нескольким показателям.

Зона насыщения (zone of saturation) – часть водосодержащего слоя почвогрунтов, в котором все пустоты заполнены водой.

Зональность озер (lake zonality) – существование в водоёме различных зон жизни, населённых разными организмами и их сообществами. Экологическая зональность водоёмов обусловлена сменой условий существования организмов от поверхности в глубину водоёма и от побережья к его открытым частям. В основе экологической зональности лежат изменения различных факторов внешней среды (температура, освещённость, гидростатическое давление, газовый режим,

рельеф дна, удалённость от берегов, трофические условия и др.), обуславливающие возможность выделения таких зон. Зоны водоёма: бенталь, литораль, сублитораль, нейсталь, пелагиаль, профундаль.

Зональность рек (продольное зональность) (longitudinal zonation) – явление неравномерного распределения биоты в водотоках от истока к устью в зависимости от комплекса биотических и абиотических факторов; выделяют креналь (эу- и гипокреналь), ритраль (эпи-, мета-, гипоритраль) и потамаль (эпи- и гипопотамаль); в основном эти зоны соответствуют общепринятым понятиям исток, среднее течение, низовье.

Излучина (меандр) (meander) – плавный изгиб русла реки.

Изобаты (isobaths) – линии, соединяющие на плане реки, озера, водохранилища точки одинаковой глубины.

Изолинии (isolines) – линии на картах и графиках, соединяющие точки с одинаковыми значениями какой-либо величины.

Ил (silt) – мелкие частицы взвеси или осадка, преимущественно органического происхождения, отлагающиеся в морях, озерах, водохранилищах и реках, по размеру частиц занимающие промежуточное положение между песком и глиной.

Импакт (environmental impact) – воздействие на окружающую среду.

Индекс сапробности (saprobity index) – численное выражение способности сообщества гидробионтов выдерживать определённый уровень органического загрязнения.

Индикаторы (indicators) – виды, группы организмов, по-разному реагирующие на изменение качества среды в зависимости от степени загрязнения; выделяют группы *чувствительных* (сенситивных) организмов, *умеренно чувствительных* и *толерантных*.

Использование водных объектов (water body using) – использование различными способами водных объектов для удовлетворения потребностей Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических лиц, юридических лиц.

Исток водотока (source) – место, где водоток берёт своё начало, на географической карте исток обычно представляется условной точкой; как правило, обычно соответствует месту, с которого появляется русло постоянного водотока, или месту, с которого появляется постоянное течение воды в русле.

Источник загрязнения вод (water pollution source) – источник, вносящий в водные объекты загрязняющие воду вещества, микроорганизмы или тепло.

Источники водоснабжения (water supplies) – природные (подземные и поверхностные) воды, используемые для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения.

Канал (channel) – искусственное отрытое русло, обычно с поперечным сечением определенной формы.

Карбонатная жесткость (временная жесткость) (carbonate hardness) – жесткость воды, обусловленная растворенными бикарбонатами кальция и магния.

Качество воды (water quality) – характеристика состава и свойств воды, определяющая её пригодность для конкретных видов водопользования; определяется по её физическим, химическим, биологическим и органолептическим свойствам.

Кислотный дождь (acid rain) – дождевые осадки, которые в процессе своего формирования, объединяясь с химическими элементами, содержащимися в загрязняющих атмосферу веществах, достигают поверхности земли в виде слабо кислых растворов.

Классификация качества воды (classification of water quality) – условное разделение диапазона состава и свойств воды водных объектов по классам, характеризующим ее пригодность для использования и экологическое благополучие.

Классы качества воды (water quality classes) – в российской практике пресноводного мониторинга качество воды в водоёмах принято оценивать по классам с расчётом специального показателя – ККВ (Класс Качества Воды). Существуют семь классов качества: 1 класс – очень чистая вода, 2 – чистая, 3 – умеренно загрязненная, 4 – загрязненная, 5 – грязная, 6 – очень грязная, 7 – чрезвычайно грязная.

Климат (climate) – статистический режим погодных условий, характерный для данного района в силу его географического положения.

Коли-индекс (Co-index) – число кишечных палочек группы колиформ в миллилитре воды. Используется как показатель присутствия организмов, способных вызывать заболевания человека.

Компоненты природной среды (components of the environment) – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле.

Контроль качества воды (water quality control) – проверка соответствия показателей качества воды установленным нормам и требованиям.

Континентальные воды (воды суши) (continental waters) – расположены на земной поверхности в углублениях суши, могут быть естественными и искусственными.

Концепция речного континуума (River Continuum Concept) – концепция, объясняющая закономерности последовательной смены речных сообществ вслед за изменением абиотических и биотических параметров среды (авторы концепции – американские учёные Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E.).

Креналь (crenal) – исток водотока; *эукреналь* (eucrenal) – чаша истока, непосредственное место выхода грунтовых вод, *гипокреналь* (hypocrenal) – часть истока, расположенная ниже чаши истока, где сохраняются стенотермные условия, может быть очень короткой от одного метра до десятка метров.

Кренология (греч. *krene* – источник, *logos* – слово, трактат) (crenology) – учение об источниках, в том числе, о целительных свойствах.

Кренобиология (crenobiology) – учение об организмах, живущих в источниках.

Кренон (crenon) – обитатели источников, истоковых участков рек и ручьёв.

Криофилы (cryophilic organisms) – организмы, нормально существующие и размножающиеся при относительно низких температурах (обычно не выше 10°C).

Круговорот воды (water cycle) – непрерывная последовательность испарения воды, ее конденсации, выпадения осадков, распределения по поверхности земли и в ее толще.

Лентические воды (lentic) – стоячие воды: озера, пруды, водохранилища.

Лимитирующий признак вредности вещества в воде (limiting harmful index) – признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Лимнобиология (limnobiology) – подразделение лимнологии, наука о жизни в стоячих водоёмах: прудах, озёрах, водохранилищах.

Лимнология (limnology) – озероведение, отрасль гидробиологической науки, изучающая поверхностные водоёмы суши с замедленным водообменом (озёра, пруды, водохранилища), их животный и растительный мир. В зависимости от специфических задач лимнологии различают *лимнофизику*, *лимногеологию*, *лимнохимию*, *лимнобиологию*, *лимнопалеонтологию*. Основоположником лимнологии как науки является швейцарский учёный Ф. Форель, создавший первое руководство по лимнологии (1901).

Лимнофилы (limnophilous, limnophilic organisms), **лимнобионты** – организмы, предпочитающие лентические (стоячие) воды.

Литораль (от лат. *litoralis* – береговой) (litoral) – приливно-отливная зона моря, периодически (1 или 2 раза в сутки) заливаемая водой. Для литорали умеренных широт характерны также сильные суточные и сезонные колебания температуры, солёности (вблизи стока материковых вод в море).

Литофильные формы (от греч. *lithos* – камень и *phileo* – люблю) (lithophilic organisms) – гидробионты, поселяющиеся на твёрдых, каменистых субстратах: многие водоросли, губки, мшанки, ресничные черви, олигохеты, пиявки, личинки ручейников, подёнок, веснянок, хирономид и других насекомых, некоторые моллюски.

Лотические воды (lotic) – текущие (проточные) воды: реки, ручьи, родники.

Макрозообентос (macrozoobenthos) – см. *зообентос*.

Макрофиты (macrophytes) – растения сравнительно больших размеров (главным образом, высшие водные растения), образующие ряд экологических группировок в водоеме: 1) макрофиты с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, водокрас, рдест плавающий, сальвинил, ряска, водяной орех и др.); 2) надводные макрофиты (тростник, рогоз, аир, ежеголовник и др.); 3) подводные макрофиты (рдесты, элодея, роголистник, уруть и др.). Макрофиты определяют, как правило, газовый режим водоемов за счет фотосинтеза.

Малые летательные аппараты (small aircraft) – беспилотный летательный аппарат (БПЛА, реже БЛА; в разговорной речи также «беспилотник» или «дрон» (англ. *drone* – трутень) – летательный аппарат без экипажа на борту. БПЛА могут обладать разной степенью автономности – от управляемых дистанционно до полностью автоматических, а также различаться по конструкции, назначению и множеству других параметров. Управление БПЛА может осуществляться эпизодической подачей команд или непрерывно в последнем случае БПЛА называют дистанционно-пилотируемым летательным аппаратом (ДПЛА). Основным преимуществом БПЛА/ДПЛА является существенно меньшая стоимость их создания и эксплуатации (при условии равной эффективности выполнения поставленных задач). Недостатком БПЛА является уязвимость систем дистанционного управления, что особенно важно для БПЛА военного назначения.

Меандр (meander) – см. *излучина*.

Медиаль (лат. *mediale* – середина) (medial) – срединная часть поперечного течения реки, расположенная между прибрежной зоной и участком с наибольшей скоростью течения; термин ввел П.П. Семенов Тян-Шанский (1938).

Межень (low water) – самая маловодная фаза водного режима, различают два периода межени – летнюю и зимнюю, в это время атмосферные осадки не могут обеспечить достаточного питания реки, количество воды в ней значительно уменьшается, большая река может превратиться в маленький ручеек, и жизнь в ней поддерживается в основном за счет подземных источников питания – родников и ключей.

Мезотрофный водоем (mesotrophic water body) – характеризующийся промежуточными условиями между эвтрофными и олиготрофными при естественном или антропогенном обогащении биогенными веществами.

Место отбора пробы (sampling point) – конкретная точка водотока или водоёма, с которой отбирают бентосную пробу пробоотборником, установленным на донное ложе.

Металимнион (metalimnion) – см. *термоклин*.

Мониторинг (monitoring) от лат. *monitor* – напоминающий, надзирающий) – система регулярных наблюдений за определенными параметрами состояния окружающей среды, обеспечивающая сбор, передачу и обработку полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирование их развития, информационного обеспечения управленческих решений с целью предотвращения вредных последствий и определение степени эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий.

Мониторинг окружающей среды (environmental monitoring) – система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов; система регулярных наблюдений за определёнными параметрами состояния окружающей среды, обеспечивающая сбор, передачу и обработку полученной информации в целях своевременного выявления негативных процессов и прогнозирования их развития, информационного обеспечения управленческих решений с целью предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности осуществляемых природоохранных мероприятий. Выделяют *биологический, геофизический, гидрохимический, экологический (комплексный) мониторинг, микробиологический (бактериологический) мониторинг*, а также *фоновый мониторинг* (осуществляется на территориях, не подверженных антропогенному влиянию), *экспресс-мониторинг* – процесс оценки состояния среды, основанный на простых методах, позволяющих в короткие сроки получить адекватный результат. *Программа мониторинга* – чёткое определение и детализация информационных потребностей для того, чтобы можно было установить критерии разработки системы мониторинга и оценки, а результаты использовать для выработки стратегий и алгоритмов при принятии управленческих решений, направленных на снижение антропогенного воздействия.

Морфометрические характеристики (бассейна, водоема и пр.) (channel data, channel characteristics) – такие параметры, как площадь, длина, ширина и пр., дающие представление о размерах и форме.

Наводнение (flooding) – затопление водой местности и населенных пунктов в пределах речной долины выше ежегодно затопляемой поймы реки, вследствие очень обильного притока воды в результате снеготаяния или (и) обильных дождей.

Наносы (sediments) – твердый материал, переносимый водным потоком к месту последующего отложения.

Насекомые амфибиотические (amphibiotic insects) – насекомые, живущие в одних возрастных фазах в воде (личинки), а в других – на суше (взрослые) (Реймерс, 1990).

Нейстон (греч. *νευστόν*, *neustos* – плавающий) (neuston) – совокупность микроорганизмов (в основном различных водорослей и мелких беспозвоночных), живущих у поверхностной плёнки воды на границе водной и воздушной сред. Выделяют *эпинейстон*, объединяющий организмы, живущие на поверхности

воды, и *гипонейстон* – организмы, прикрепляющиеся к поверхностной плёнке снизу либо обитающие в воде не глубже нескольких миллиметров от поверхности.

Негативное воздействие вод (negative effect of water) – затопление, подтопление, разрушение берегов водных объектов, заболачивание и другое негативное воздействие на определенные территории и объекты.

Негативное воздействие на окружающую среду (the negative impact on the environment) – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды.

Нектон (от греч. *nektos* – плавающий) (*nekton*) – жизненную форму *нектон* образуют организмы, населяющие толщу воды и способные активно передвигаться на значительные расстояния, а также противостоять течению воды. Нектон представлен исключительно животными. В основном это рыбы, а также рептилии (змеи, черепахи), амфибии (tritоны) и водные млекопитающие. У всех представителей нектона тело прекрасно приспособлено к плаванию. Оно часто имеет торпедообразную обтекаемую форму, обеспечивающую наименьшее сопротивление воды при быстром движении.

Нормативы в области охраны окружающей среды (природоохранные нормативы) (environmental standards) – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду (norms of acceptable impact on the environment) – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду (norms of permissible anthropogenic load) – нормативы, установленные в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий и (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимых физических воздействий (the norms of permissible physical effects) – нормативы, которые установлены в соответствии с уровнями допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды (environment quality standard) – нормативы, установленные в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Нормы качества воды (water quality standards) – установленные значения показателей качества воды по видам водопользования.

Овраг (ravine) – промоины, возникающие в результате эрозионной деятельности потоков талых и дождевых вод, стекающих по земной поверхности.

Окружающая среда (environment) – совокупность компонентов природной среды, природных и антропогенных объектов.

Оксифильность (oxyphidity) – способность данного вида к обитанию в богатых кислородом водах. Оксифильность позволяет тратить минимальные ресурсы на развитие жаберных поверхностей, их защиту и кровоснабжение. Поэтому в биотопах, всегда богатых кислородом, оксифильные организмы обычно выигрывают конкурентную борьбу с эврибионтами и доминируют. Богатые кислородом водоёмы, как правило, чистые (бедные органикой и вообще питанием), холодные и часто лишены мягких субстратов, это в большей степени каменистые горные и тундровые, в меньшей – лесные реки, озера и ручьи.

Оксифильные организмы (oxyphilic organisms) – организмы, предпочитающие холодноводные водоёмы.

Олиготрофное озеро (oligotrophic lake) – озеро с малым содержанием питательных (биогенных) веществ и обычно с высоким содержанием растворенного кислорода; как правило, без заметной стратификации.

Органическое вещество в водотоках (organic matter) – неотъемлемый компонент природных вод, его состав и содержание в природных водах определяются совокупностью многих, различных по своей природе и скорости процессов. Будучи генетически связанным с природными водами, органическое вещество является показателем происходящих в них процессов, в значительной мере характеризует качество воды для практических целей и определяет интенсивность развития жизненных процессов в водоеме. Органическое вещество представлено как растворёнными компонентами (гумус), так и патикулированным (дисперсным) веществом в виде раздробленных частиц, главным образом, растительного происхождения. Выделяют *крупнодисперсное органическое вещество* (CPOM = coarse particulate matter), *мелкодисперсное* (FPOM = fine particulate matter), *растворённое органическое вещество* (DOM = dissolved organic matter).

Органолептические показатели (organoleptic characteristics) – показатели, для определения которых мы пользуемся нашими органами чувств: зрением, обонянием, вкусом. К органолептическим характеристикам относятся: *цветность, прозрачность, мутность, запах, вкус и привкус, пенистость, количество взвешенных веществ*. Органолептическая оценка – важный и наиболее доступный для общественных экспертов этап гидрохимических наблюдений, позволяющий выполнить предварительную оценку состояния водного объекта, определить источники воздействия, выявить причины ухудшения качества воды. Следует иметь в виду, что органолептическая оценка – обязательная процедура санитарно-химического контроля воды в системе государственного мониторинга и контроля. Органолептическая оценка приносит много прямой и косвенной информации о качестве воды и состоянии водного объекта, может быть произведена быстро и без использования приборов.

Осушение (draining) – отвод воды из почвы или котлована.

Отмель (shallow) – участок дна водоема или водотока, характеризующийся меньшими глубинами по сравнению с окружающими участками.

Охрана водных объектов (protection of water bodies) – система мероприятий, направленных на сохранение и восстановление водных объектов.

Охрана окружающей среды (protection of the environment) – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды,

рациональное использование и воспроизводство 23 природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) (Environmental Impact Assessment) – вид деятельности по выявлению, анализу и учёту прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

Паводок (flood) – быстрый, кратковременный подъём уровня воды в реке до пика, от которого начинается его падение обычно более медленное, чем при подъёме; паводки происходят, как правило, в результате выпадения дождей, ливней летом и осенью или во время оттепелей зимой, они случаются каждый год, но, в отличие от половодья, нерегулярны; паводок возникает в течение года нерегулярно и характеризуется относительно высоким стоком, измеренным по уровню воды или расходу; сравнительно кратковременное и непериодическое поднятие уровня воды в реке, возникающее в результате быстрого таяния снега при оттепели, ледников, обильных дождей, попусков воды из водохранилищ.

Пелагиаль (от греч. *pelagos* – море) (pelagial) – толща воды (от поверхности до дна), населённая растительными и животными организмами: планктоном, nekтоном, плейстоном, нейстоном. По вертикали морская пелагиаль подразделяется на несколько зон, отличающихся друг от друга условиями среды.

Пелофилы (pelophilic organisms) – гидробионты, предпочитающие илистые грунты. Из пелореофилов наиболее обычны бактерии, одноклеточные водоросли, простейшие, олигохеты, личинки хирономид, многие двустворчатые и брюхоногие моллюски.

Пережат (riffle) – относительно короткий и мелкий участок реки между ее излучинами.

Перифитон (греч. *peri* – вокруг, около, возле и *phyton* – растение) (periphyton) – поселения пресноводных организмов на донных субстратах, подводных частях водных растений, мостовых свай, судов и др.

Пестициды (лат. *pestis* – зараза; *caedo* – убивать) (pesticides) – химические средства, используемые для борьбы с вредителями и болезнями растений, а также с различными паразитами, сорняками, вредителями зерна и зернопродуктов, древесины, изделий из хлопка, шерсти, кожи, с эктопаразитами домашних животных, а также с переносчиками опасных заболеваний человека и животных. Понятие пестицидов объединяет следующие группы таких средств: гербициды, уничтожающие сорняки; инсектициды, уничтожающие насекомых-вредителей; фунгициды, уничтожающие патогенные грибы; зооциды, уничтожающие вредных теплокровных животных; и т. д. Большая часть пестицидов – это яды, отравляющие организмы-мишени, но к ним относят также стерилизаторы (вещества, вызывающие бесплодие) и ингибиторы роста. Пестициды также называют *ядохимикатами*.

Питьевая вода (drinking water) – вода, предназначенная для ежедневного безопасного потребления человеком и другими живыми существами; главным отличием от столовых и минеральных вод является пониженное содержание солей (сухого остатка), а также наличие действующих стандартов на общий состав и свойства (СанПиН 2.1.4.1074-01 – для централизованных систем водоснабжения и СанПиН 2.1.4.1116-02 – для вод, расфасованных в ёмкости). Вода

многих источников пресной воды непригодна для питья людьми, так как может служить источником распространения болезней или вызывать долгосрочные проблемы со здоровьем, если она не отвечает определённым стандартам качества воды. Вода, которая не вредит здоровью человека и отвечает требованиям действующих стандартов качества, называется *питьевой водой*. В случае необходимости, чтобы вода соответствовала санитарно-эпидемиологическим нормам, её очищают или, официально говоря, «подготавливают» с помощью установок водоподготовки.

Планктон (греч. *πλαγκτόν* – блуждающий) (plankton) – совокупность организмов, обитающих в толще воды и не способных противостоять переносу течением; разнородные, в основном мелкие организмы, свободно дрейфующие в толще воды и не способные, в отличие от nekтона, сопротивляться течению. Такими организмами могут быть бактерии, диатомовые и некоторые другие водоросли (фитопланктон), простейшие, некоторые кишечнополостные, моллюски, ракообразные, яйца и личинки рыб, личинки различных беспозвоночных животных (зоопланктон). Планктон непосредственно или через промежуточные звенья пищевой цепи является пищей для большинства остальных водных животных. Термин «планктон» впервые предложил немецкий океанолог Виктор Гензен в конце 1880-х годов.

Плейстон (от греч. *plēusis* – плавание, *plēō* – плову) (pleiston) – растительные или животные организмы, обитающие на поверхности воды или полупогружённые в воду (обитающие одновременно в водной и воздушной среде).

Плёс (pool) – участок русла реки, более глубокий по сравнению с выше- и нижерасположенными перекатами. Перекаты вместе с расположенными между ними плёсами образуют на реках системы плёс-перекат. Плёсы обычно приурочены к участкам русла с наибольшей кривизной, перекаты – к прямым (переходным) участкам русла между смежными излучинами.

Плотина (барраж, барьер, водослив) (dam) – препятствие, сооруженное поперек долины для накопления воды или создания водохранилища.

Поверхностные воды (surface water) – воды, находящиеся на поверхности суши в виде различных водных объектов (по ГОСТ 19179); воды, которые текут или собираются на поверхности земли. Различают морские, озёрные, речные, болотные и другие воды. Поверхностные воды постоянно или временно находятся в поверхностных водных объектах. Объектами поверхностных вод являются: моря, озёра, реки, болота и другие водотоки и водоёмы. Различают солёные и пресные воды суши. Поверхностные воды противопоставляются *подземным водам*.

Пограничные участки (transboundary zones) – участки водных объектов, непосредственно примыкающие к государственной границе Российской Федерации на трансграничном водном объекте; участок реки, протекающий вдоль (по линии) границы, при этом граница может проходить по фарватеру.

Пойма (bottom-land, bottomland, floodplain) – нижняя часть речной долины, затопляемая в периоды высокой водности, когда сток в реке превышает пропускную способность русла. В естественном состоянии пойма свободна от воды и занята лугами; часто в долине можно наблюдать два уровня пойм – высокий и низкий; низкая пойма заливается в половодье ежегодно, высокая покрывается водой лишь раз в несколько лет при самых больших подъёмах воды. Пойма может располагаться как с обеих сторон русла, так и только с одной, в этом случае

русло прижимается к одному из *склонов* долины; сложены поймы речными наносами, которые называются *аллювием* (от лат. «аллювио» – наносы, смыв).

Поллютант (pollutant) – загрязнитель, любой природный или антропогенный агент, попадающий в окружающую природную среду в количествах, превышающих фоновые значения и вызывающий тем самым её загрязнение (также *загрязнителем* именуют и источник загрязнения, например, завод или полигон ТБО). При этом «мерой» загрязнения данным агентом среды является степень отклонения от фоновых значений данного агента. Согласно этой (широкой) трактовке любой новый для среды агент (даже если он не токсичен по отношению к биоте) рассматривается как загрязнитель. В узком смысле «загрязнитель» – это физический, химический или биологический компонент, попавший в среду техногенным путём и оказывающий вредное токсическое действие на биоту (живые организмы).

Половодье (flooding) – фаза наибольшей в году водности реки с высоким и длительным подъёмом уровня воды, обычно сопровождается выходом воды из русла на пойму. Половодье вызывается главным источником питания реки, обычно во время весеннего снеготаяния, когда потоки талой воды со всего водосбора устремляются к руслу главной реки и ее притокам; половодье регулярно повторяется в один и тот же сезон из года в год с разной интенсивностью.

Пороги (river rapids) – участок реки с очень быстрым и стремительным течением, на поверхности потока выступают препятствия, но водопады или их каскады отсутствуют.

Порядок водотока (stream order) – метод присвоения числового порядка связям в сети водотоков. Порядок – это метод определения типов классификации потоков на основе количества их притоков. Некоторые характеристики водотоков можно вывести, просто зная их порядок. Например, потоки первого порядка преобладают над потоком воды на суше; у них нет сосредоточенного потока вверх по течению. Из-за этого они наиболее восприимчивы к проблемам загрязнения неточечных источников и могут извлечь больше пользы из широких прибрежных буферов, чем из других областей водоразделов.

Потамаль (potamal, potamic zone) – нижняя часть водотока, характеризующаяся ламинарным течением, отсутствием перекатов, доминированием седиментационных процессов и, как следствие, преобладанием песчаных, песчано-илистых, илистых грунтов. Различают *эпипотамаль* – верхняя зона потамали и нижняя потамаль – *гипопотамаль*, примыкающая к устьевому участку реки.

Потамон (потамобионты) (potamon, potamobionts) – совокупность организмов, населяющих потамаль.

Потамобиология (potamobiology) – наука, изучающая жизнь в крупных реках и в зонах потамали малых и средних рек.

Предельно допустимая концентрация веществ в воде (ПДК) (maximum permissible concentration of substances in water, MPC) – концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Пресная вода (fresh water) – природная вода, имеющая низкую минерализацию, пригодная для питья; охватывает ту часть доступной воды Земли, в которой соли содержатся в минимальных количествах. Вода, солёность которой не превышает 0,1‰, даже в форме пара или льда, называется пресной.

Пресные воды (fresh water net) – совокупность водных объектов с пресной водой.

Пресноводные ресурсы (freshwater resources) – совокупность запасов пресной воды.

Природная среда (the natural environment) – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов.

Природно-антропогенный объект (natural-man-made object) – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение.

Природный объект (natural objects) – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства.

Проба воды (water sample) – часть водной массы, представляющая ее состав и свойства на момент отбора.

Пробоотборники (sampler) – приборы и механизмы, с помощью которых осуществляется отбор проб (воды, донного грунта, почвы, атмосферы). Для отбора бентосных проб используют *дночерпатели, донные сачки, ручные экраны*.

Продольные элементы русла (на мезоуровне) (longitudinal elements of the channel) – перекат, плёс, слив.

Продуктивность водоёмов (productivity of water ecosystems) – количество органического вещества, производимого в водоёме его обитателями за единицу времени (обычно за год) на единицу площади дна или на единицу объёма воды. Различают продуктивность биологическую (общую) и промысловую.

Продуценты (от лат. *producens* – создающий) (producers) – организмы, способные производить органические вещества из неорганических (все автотрофы). Это в основном зелёные растения (синтезируют органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза), однако некоторые виды бактерий-хемотрофов способны на чисто химический синтез органики (хемосинтез) без солнечного света. Продуценты являются первым звеном пищевой цепи.

Протока (river duct, arm) – водоток, отчленяющий отдельный морфологический элемент сложного речного русла или соединяющий два водных объекта и не образующий типичных, свойственных речному руслу комплексов русловых образований; выделяются два вида проток: 1) часть речного русла с одной стороны от руслового острова или другого морфологического элемента сложного речного русла; 2) короткий водоток, соединяющий между собой водоёмы: озёра или озеро с рекой, реке реку с озером или две реки. Особые (и местные) названия специфических проток: ерик, гирло, воложка, полый, речище.

Профиль русла (channel profile) – форма русла в вертикальной плоскости. Выделяют *продольный* и *поперечный* профили русла.

Профундаль (от лат. *profundus* – глубокий) (profundal zone) – часть озера, для которой характерны значительная глубина и отсутствие волновых движений, ветрового перемешивания и донной растительности. Профундаль может отсутствовать, если озеро мелководно. Дно профундали покрыто, как правило, мощной толщей ила.

Процедура отбора проб (sampling procedure) – стандартизованная, прописанная по определённому протоколу процедура отбора материалов для исследования; обычно процедура отбора проб осуществляется по нормативным прото-

колам ГОСТа, иногда – на основании методик, описанных в общепринятой научной литературе.

Пруд (pond) – водохранилище небольшого размера, образуемое путем перегораживания небольшой реки, ручья, оврага или устройства специального котлована (копани).

Псаммофилы (от греч. *psámmos* – песок и *phíleo* – люблю) (psammophilic organisms) – организмы, населяющие песчаное дно и его толщу; представлены мелкими организмами: бактериями, водорослями, простейшими, коловратками, нематодами, олигохетами, личинками хирономид, высшими ракообразными, некоторыми моллюсками.

Психрофильные организмы (психрофилы) (от др.-греч. *ψυχρός* – холодный, *φίλέω* – люблю) (psychrophilic organisms) – организмы, предпочитающие обитание в холодноводных водоёмах, в которых максимальная температура воды не превышает 12°C.

Пункт наблюдений за состоянием поверхностных вод суши (surface freshwater monitoring network) – место на водном объекте, в котором производят комплекс работ для получения данных о качестве воды и развитии биоценоза, предназначенных для последующего обобщения, анализа и систематизации. *Сеть пунктов наблюдений* – совокупность пунктов наблюдений конкретного вида, построенная по научно обоснованному принципу и контролируемая определённой научной или ведомственной организацией.

Разлив (spate, flood, overflow) – повторяющиеся затопления речными водами части долины или поймы, вызванные длительными дождями или снеготаянием. В многоводные годы разливы рек создают наводнения.

Расход воды (water discharge) – объем жидкости, протекающий в реке (или канале) через поперечное сечение в единицу времени. Характеризует интенсивность стока.

Регулирование стока (water run-off regulation) – искусственное перераспределение стока реки во времени в соответствии с требованиями водопотребления; выражается в увеличении или уменьшении стока в отдельные периоды по сравнению с естественным режимом; достигается временным задержанием воды в водохранилищах во время избытка воды (половодье) и последующим расходом в нужное время.

Редуценты (от лат. *reduco* – возвращаю, восстанавливаю) (decomposers) – организмы (бактерии, грибы), разрушающие отмершие останки живых существ, превращая их в неорганические и простейшие органические соединения; то же: *деструкторы* (лат. *destruo* – разрушаю), *санпротрофы* (др.-греч. *σαπρός* – гниль, и *τροφή* – пища). От животных-детритофагов редуценты отличаются прежде всего тем, что не оставляют твёрдых непереваренных остатков (экскрементов).

Река (river, stream) – водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углубленной поверхности.

Рекогносцировочное обследование (reconnaissance survey) – осмотр и обследование объекта с целью выбора положения пунктов для обоснования.

Речной бассейн (river basin) – территория, поверхностный сток вод с которой через связанные водоемы и водотоки поступает в море или озеро.

Речные излучины (river bends) – участок извилистого русла водотока между двумя смежными точками перегиба его осевой линии.

Рипаль (от лат. *ripa* – берег реки) (*ripal*) – прибрежная часть поперечного течения реки, по экологическим условиям наиболее благоприятная зона (устойчивость грунтов, наличие убежищ, оптимальные трофические условия др.) для обитания реобионтов; экологический аналог *литорали* океанов, морей, озер.

Ритраль (*rithral zone*) – продольная зона водотока с быстрой скоростью течения, преобладанием эрозионных процессов, характерным наличием хорошо выраженных перекатов. Выделяют продольные подзоны: верхнюю подзону – *эпиритраль*, среднюю – *метаритраль*, нижнюю – *гипоритраль*, граничащую с верхней частью зоны потамали.

Ритробиология (*rithrobiology*) – наука о жизни в текущих водах.

Ритробионты, ритрон (*rithron*) – организмы, обитающие в быстротоках.

Родник (источник, ключ, криница) (*springs*) – естественный выход подземных вод на земную поверхность на суше или под водой (подводный источник). Выделяют *лимнокрены* (от гр. *limne* – озеро, *krene* – родник) – тип пресноводного источника в виде небольшого водоёма, куда вода поступает преимущественно снизу, а её избыток образует вытекающий ручеек; *реокрыны*: истоковая часть водотока, оформленная в виде небольшого, но интенсивного потока.

Рукав (*river arm, river branch*) – хорошо сформировавшееся ответвление русла реки со всеми свойственными речному руслу особенностями морфологического строения.

Русло (*river channel*) – самая низкая часть долины, занятая водным потоком; естественный или искусственный четко выраженный водоток, который периодически или постоянно содержит текущую воду; выработанное речным потоком ложе, по которому осуществляется сток без затопления поймы.

Русловый процесс (*river bed evolution*) – постоянно происходящие изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обусловленные действием текущей воды.

Русловый режим рек (*channel processes*) – совокупность характерных изменений русел под действием водного потока во времени.

Русловые деформации (*river channel deformation*) – изменения русел рек под влиянием водного потока. Содержанием русловых деформаций является совокупность размыва (намыва) берегов, отложений, грунтов, переноса и перераспределения продуктов эрозии. Они тесно связаны с формированием и изменением стока наносов. Их результатом являются повышение или понижение отметок дна, увеличение или уменьшение объема речных отложений, смещение форм русла и форм руслового рельефа или их частей. Они представляют внешнее выражение (интегральный эффект) руслового процесса; изменение размеров и положения в пространстве речного русла и отдельных русловых образований, связанное с перераспределением наносов.

Самоочищение вод (*water self-purification*) – совокупность природных процессов, направленных на восстановление экологического благополучия водного объекта.

Сапробность (*saprobity*) – в гидробиологии под сапробностью понимают способность организмов жить при большом содержании органических веществ в среде. *Индекс сапробности* – показатель, который рассчитывают исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне, бентосе). Термин употребляют, когда говорят о степени общего загрязнения вод. Выделяют зоны сапроб-

ности: *ксеносапробную* – практически чистые воды, содержащие крайне незначительные количества растворенных органических веществ и *олигосапробную* – чистые водоемы, характеризующиеся тем, что цветения не бывает, содержание O_2 и CO_2 не колеблется, детрита мало; *бета-мезосапробную* – происходят процессы минерализации, увеличивается число сапрофитов, содержание O_2 колеблется в зависимости от времени суток, идут окислительные процессы, много детрита, бывает цветение воды (фитопланктон); *альфа-мезосапробную* – начинается аэробный распад органических веществ, образуется аммиак, CO_2 , мало O_2 , сероводорода, метана нет, железо в форме закиси и окиси, идут окислительно-восстановительные процессы; *полисапробную* – содержится много нестойких органических веществ и продуктов их анаэробного разложения, фотосинтеза нет, дефицит O_2 , полностью идет на окисление, в воде образуются сероводород и метан, на дне много детрита, идут восстановительные процессы; железо в форме FeS .

Седиментационные процессы (sedimentation processes) – процессы оседания мелких частиц вещества под действием гравитационного поля или центробежных сил.

Сессильные организмы (от лат. *sessilis* – сидячий) (sessile organisms) – организмы, неспособные к самостоятельному активному движению (большинство растений и прикрепленные к субстрату (сидячие) животные, например, губки, мшанки, кораллы и др.).

Сестон (от греч. *sestos* – просеянный) (seston) – название мелких планктонных организмов и взвешенных в воде неорганических и органических (детрит) частиц, т.е. всё, что улавливается мелкоячеистой планктонной сеткой.

Сетевые наблюдения (monitoring network) – наблюдения на сети метеорологических станций однотипными и однотипно установленными приборами на одной и той же высоте над уровнем местности, в одни и те же сроки по местному или по единому времени.

Сеть пунктов наблюдений (observation sites net) – совокупность пунктов наблюдений конкретного вида, построенная по научно обоснованному принципу.

Сиртон (от гр. *syrtos* – намытый, нанесенный; *on* – сущее) (sirtion) – бентосные формы, всплывающие в толщу воды и сносимые течением.

Сообщество (биоценоз) (от гр. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) (community, biocenosis) – исторически сложившаяся устойчивая совокупность популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, приспособленных к совместному обитанию на однородном участке территории или акватории (термин предложен немецким зоологом К. Мебиусом в 1877 г.).

Сообщество донное (bottom community) – совокупность бентосных организмов, живущих на определенном участке водоёма или водотока.

Состояние водного объекта (state of water body) – характеристика водного объекта по совокупности его количественных и качественных показателей применительно к видам водопользования. К количественным и качественным показателям относятся: расход воды, скорость течения, глубина водного объекта, температура воды, pH, БПК₅ и другие гидрохимические и гидробиологические показатели.

Станции отбора проб (sampling stations) – компактный участок водотока, на котором производится отбор проб в рамках программы мониторинга. Выделяются понятия: *фоновая станция* (ненарушенный участок водотока, находя-

щийся в естественных условиях), используется для сравнения со станциями, на которых отмечено загрязнение; *условно фоновая станция* – станция, расположенная выше тестируемой, находящаяся в относительно несколько нарушенном состоянии, но сравнительно лучше, чем тестируемая; *тестируемая станция* – станция, расположенная ниже источника загрязнения, влияние которого предполагается определить в результате проводимых исследований; *импактная станция* – станция, находящаяся в зоне явного антропогенного влияния.

Старица (old channel) – полностью или частично отделившийся от реки участок её прежнего русла, расположенный в пойме реки, оставшийся после того, как река прорезала новое, более короткое русло; старицы представляют собой сильно заросшие или зарастающие заливы и озера.

Створ гарантированного смешения (section of the guaranteed mixture) – условное поперечное сечение водотока, в котором устанавливается достаточно полное (не менее 80%) гарантированное в течение года смешение сточных вод источника загрязнения с водой водотока.

Створ полного смешения (section of complete mixture) – ближайший к источнику, влияющему на качество воды, поперечный профиль русла водотока, в котором устанавливается практически равномерное распределение значений температуры воды и концентраций веществ в ней.

Створ пункта наблюдений (alignment of point of observation) – условное поперечное сечение водоема или водотока, в котором производят комплекс работ для получения данных о показателях состава и свойствах воды.

Сточные воды (wastewater, sewage) – атмосферные воды и осадки, к которым относятся талые и дождевые воды, а также воды от полива зеленых насаждений и улиц, отводимые в водоёмы с территорий промышленных предприятий и населённых мест через систему канализации или самотёком, свойства которых оказались ухудшенными в результате деятельности человека; воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека.

Стратификация (stratification) – наличие или формирование отчетливых слоев в массе воды, выделяемых по солености, термическим характеристикам и др. физическим причинам.

Стремнина (быстрина) (rapid) – мелководный участок реки, характеризующийся быстрым, бурным, неупорядоченным течением, обычно в местах пересечения водным потоком препятствий в виде каменистых гряд или обломков горных пород, затопленных полностью или частично.

Структура донных сообществ (community structure) – соотношение различных групп организмов, различающихся по систематическому положению, роли, которую они играют в процессах переноса энергии и вещества, месту, занимаемому в пространстве в пищевой или трофической сети, либо иному признаку, существенному для понимания закономерностей функционирования естественных экосистем. *Видовая структура* – включает видовой состав входящих в него организмов и количественное соотношение видовых популяций; *трофическая структура* – соотношение группировок организмов, принадлежащих к различным функционально-трофическим группировкам (гильдиям).

Сублитораль (от лат. *sub* – под и *litoralis* – береговой) (sublittoral) – зона морского дна, соответствующая шельфу или материковой отмели, до глубин 200–500 м. Наиболее богатая жизнью зона моря, в которой обитают представители всех крупных систематических групп морских организмов.

Сукцессия (succession) – последовательная смена во времени одних биоценозов другими на определенном участке земной поверхности. В естественных условиях сукцессия завершается возникновением сообщества, находящегося в равновесии со средой (состояние климакса).

Температура воды (water temperature) – важнейший фактор, влияющий на жизнь гидробионтов. На основании температурных предпочтений выделяют следующие группировки гидробионтов: *олиготермные* – stenothermic организмы, приспособленные к жизни только в холодной воде (например, ручьевая форель); *стенотермные* – способны существовать только в узком диапазоне температур, для них изменение температурного режима водоема может оказаться губительным; *политермные* – живут только в теплой, хорошо прогреваемой воде; *эвритермные* – организмы, способные жить в воде разной температуры и переносить значительные ее колебания, у них вырабатываются различные приспособления, позволяющие компенсировать воздействия меняющейся температуры: изменяется активность ферментов и общая интенсивность процессов обмена веществ.

Террасы речные (stream terrace) – расположенные на склонах речной долины выше поймы естественные горизонтальные или слабонаклоненные площадки различной ширины, их может быть несколько, и они ступенями спускаются к пойме, в прошлом любая терраса была поймой, но по мере углубления дна речной долины она перестала заливаться водой в половодье и превратилась в надпойменную террасу; уступы, которыми террасы отделяются друг от друга, называются *склонами террасы*.

Термоклин (thermocline) – слой температурного скачка, *металимнион* – водный слой с максимальным изменением температуры по глубине, существующий в условиях тепловой стратификации водной массы.

Токсикологические (биотестовые) показатели (toxic indicators) – показатели биотестирования на различных тест-объектах.

Толерантное значение (Tolerance Value) – цифровое выражение толерантной способности организмов по отношению к загрязнению. Диапазон значений может выражаться в балльной (или вербальной) оценке. При расчёте многих биотических индексов (например, Family Biotic Index) выражается в баллах от 0 до 10, где 0 – означает, что организм живет только в чистой воде, 10 – способен существовать в очень загрязнённых водах, промежуточные баллы характеризуют градиент толерантных способностей.

Толерантная способность (Tolerance Ability) – различная способность организмов реагировать на загрязнения, определяется в результате натурных или экспериментальных исследований, выражается толерантными значениями, в настоящей работе принимается по балльной системе от 0 до 10 (см. толерантное значение); в упрощенном варианте от 0 до 4 или более дробных значениях.

Толерантность (tolerance) – способность организмов выдерживать отклонения экологических факторов от оптимальных значений.

Торф (peat) – органические отложения, формирующиеся в условиях застойного избыточного увлажнения из остатков не полностью разложившихся болотных растений.

Трансграничные водные объекты (transboundary water bodies) – поверхностные и подземные водные объекты, которые обозначают, пересекают границу между двумя или более иностранными государствами или по которым протекает государственная граница Российской Федерации.

Трансграничные участки рек и водоемов (transboundary river zones) – участки водных объектов, пересекающих границу.

Требования в области охраны окружающей среды (environment protection requirements) – требования, предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, природоохранными нормативами, государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды.

Трофность (water body trophicity) – характеристика местообитания (почвы, водоёма) по его биологической продуктивности, обусловленной содержанием биогенных элементов; по уровню трофности водоёмы делятся на: *дистрофные* (с очень малым содержанием биогенных веществ и потому бедные жизнью), *олиготрофные* (с низким уровнем первичной продуктивности, низким содержанием органических веществ), *мезотрофные* (с умеренным содержанием питательных веществ для водных организмов, чистой, прозрачной водой) и *эвтрофные* (неглубокие, хорошо прогреваемые водоёмы, отличающиеся большой продуктивностью и повышенным содержанием биогенных веществ) водоёмы. По требованиям к трофности местообитания организмы делятся на: *олиготрофы* (обитающие в водоёмах с низким содержанием питательных веществ), *мезотрофы* (предпочитают средние по обеспеченности элементами питания местообитания), *эвтрофы* – обитающие в водоёмах с высоким содержанием питательных веществ.

Уклон русла водотока (bed slope) – отношение падения реки (или другого водотока) на каком-либо её участке к длине этого участка. Уклон реки выражается в промилле или процентах, а также как величина падения на длину участка. Для горных рек и водопадов иногда используется измерение в угловых градусах.

Уровень воды (water-level) – высота свободной поверхности воды в данном месте, отсчитываемая относительно некоторой постоянной плоскости сравнения, принимаемой за нулевую отметку.

Уровень грунтовых вод (water table) – высота водного зеркала водоносного слоя в данном месте и в данное время.

Уровни организации живой материи (levels of organization of living matter) – функциональное место биологической структуры определенной степени сложности в общей иерархии живого. Выделяют следующие уровни организации живой материи: *молекулярный, субклеточный, клеточный, органо-тканевой, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, биогеоцено-тический, биосферный*.

Устье реки (mouth) – место впадения реки в море, озеро или другую реку; место, где река впадает в море или озеро, называется устьем. Широкое одноруканное устье – это *эстуарий*. Если устье загромождено песчаными или илистыми отмелями, которые разделяют течение реки на рукава, то его называют *дельтой*.

Устьевой участок реки (mouth part) – часть нижнего течения реки, на которой проявляется влияние моря и происходит дельтообразование.

Фарватер (fairway, clearway, water-way) – судовой ход, безопасный в навигационном отношении и обозначенный на местности и/или карте проход по водному пространству, характеризующийся достаточными глубинами и отсутствием препятствий для судоходства.

Фильтрация (filtration) – течение воды через ненасыщенную пористую среду, например в почве, под действием силы тяжести. *Фильтрация подземных вод* – движение воды в насыщенной среде горных пород под действием гидравлического градиента. *Фильтрация воды из водохранилища* – утечка воды через поры грунта, трещины и нарушения в горной породе ложа водохранилища либо через тело плотины.

Фильтрование (filtration) – процесс пропускания жидкости через пористую среду с целью удаления взвешенного или коллоидного вещества.

Фитобентос (phytobenthos) – совокупность растительных организмов, обитающих на дне морских и пресных водоёмов; фитобентос состоит преимущественно из водорослей (зелёных, диатомовых, красных и др.).

Фитопланктон (от гр. *φυτόν* – растение и *πλαγκτόν* – блуждающий, странствующий) (phytoplankton) – часть планктона, которая может осуществлять процесс фотосинтеза; к фитопланктону относятся протококковые водоросли, диатомовые водоросли, динофлагелляты, кокколитофориды и другие одноклеточные водоросли (часто колониальные), а также цианобактерии. Обитает в фотической зоне водоёмов, населяя толщу воды. Фитопланктон является первичным продуцентом органического вещества в водоёме и служит пищей для зоопланктона и зообентоса. Бурное размножение фитопланктона вызывает «цветение воды».

Фитофильные организмы (фитофилы) (phytophilic organisms) – организмы, обитающие в зарослях водных растений.

Фонд данных о состоянии окружающей природной среды (Fund of Data on the State of the Environment and Environmental Pollution) – совокупность сведений и информационной продукции, подлежащих длительному использованию и хранению.

Фоновое значение показателей качества воды (background value of water quality indicators) – значение показателей качества воды водоёма или водотока до влияния на него источника загрязнения.

Функционально-трофические группировки (functional trophic groupings) – группы организмов, относящиеся к разным таксономическим группам, но питающиеся сходным образом и одним типом пищевого ресурса. В связи со сходным типом питания у них могут образовываться морфологически сходные приспособления для усвоения пищи (например, мандибулы некоторых личинок ручейников и жуков, относящихся к группе скребущих и питающихся плёнками диатомовых водорослей, выглядят практически одинаково). Среди водных беспозвоночных выделяют следующие функционально-трофические группы: *измельчители* (shredders, *shr*) – потребители крупнодисперсной органики, питаются крупными частями живой или отмершей ткани сосудистых растений; *скребущие*: (scrapers, *scr*) – питаются перифитомом водорослей и связанным с ним материалом (минеральными и органическими частицами на поверхности твёрдых субстратов); *фильтраторы* (collectors–filterers, *c-f*) – потребители мелкого органического материала, фильтруемого из водного потока; *сборщики* (collectors – gatherers, *c-g*) – употребляют частицы мелкого органического материала, собираемого со дна водотока (FROM); *прокалыватели макрофитов* (macrophite piercers, *prc*) – питаются тканью сосудистых растений-макрофитов и внутренней растительной жидкостью; *хищники* (predators, *prd*) – плотоядные животные, питающиеся тканью животных (поедающие цельных животных или их части; высасывающие внутренние ткани животных путем прокалывания внешних покро-

вов); *паразиты* (parasites, *par*) – питаются тканью животных (паразиты яиц, паразиты личинок, паразиты куколок).

Цветение воды (algal bloom, water-bloom) – бурное развитие водорослей (обычно фитопланктона) в водном объекте; развитие фитопланктона, вызывающее изменение цвета воды. Вызывается быстрым размножением водорослей в водоёме. Может произойти и в пресной, и в морской воде, но в основном наблюдается в пресных стоячих водах (пруды, бассейны, озёра). *Красные приливы* (red tide) – общепринятое название частного случая цветения морской воды, вызванного вспышкой численности морских динофлагеллят.

Чрезвычайная ситуация (emergency, extraordinary situation) – обстановка, сложившаяся в результате аварии, стихийного или иного бедствия, которые повлекли или могут повлечь за собой человеческие жертвы, принести вред здоровью людей или окружающей среде, привести к значительным материальным потерям и нарушению условий жизнедеятельности людей.

Эвтрофикация (eutrophication) – обогащение вод биогенными элементами, особенно компонентами азота и фосфора, что ускоряет рост водной растительности.

Эвтрофирование вод (eutrophication of waters) – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов.

Эвтрофное озеро (eutrophic lake) – озеро, характеризующееся большим количеством биогенных веществ и высокой биомассой фитопланктона летом.

Эдификатор (лат. *aedificator* – строитель) (edificatory) – вид животных или растений, играющий ведущую роль в сложении структуры и функционировании экосистемы, без которого она не может длительно существовать). В широком смысле организм, деятельность которого создает или серьезно изменяет окружающую среду. В данную категорию могут включаться доминирующие продуценты, обычно лесобразующие деревья, доминирующие в степях травы (типчаки, ковыли), водоросли, подобные.

Экологическая безопасность (environmental safety) – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Экологический риск (environmental risk/hazard) – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Экологическое благополучие водного объекта/экосистемы (ecological well-being of water body/ecosystem) – состояние системы, которое характеризуется нормальным воспроизведением её основных звеньев.

Экологический контроль (environmental control) – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов в области охраны окружающей среды: *государственный экологический контроль* (state ecological control), *общественный экологический контроль* (public ecological control), *производственный экологический контроль* (industrial ecological control).

Экорегион (ecoregion) – применяющаяся главным образом в англоязычной эколого-географической литературе ландшафтная единица. Представляет собой относительно крупный участок суши или акватории, отличающийся относительно однородным биотическим сообществом. Экологические регионы выделяются с учётом существующих биогеографических единиц, в частности биомов и, как следствие, обладают характерным сочетанием биотических сообществ и видов. Применяются при планировании природоохранной деятельности, изучении, мониторинге и охране экосистем Всемирным Фондом дикой природы и природоохранными органами США, Канады и Мексики.

Экосистема (ecosystem) – единый природный или природно-антропогенный комплекс, в котором как живые, так и косвенные составляющие находятся в тесной взаимосвязи посредством обмена веществ и распределения потока энергии.

Эрозия водная (water erosion) – разрушение и удаление грунта с земной поверхности текучей водой, ледником, ветром и волнами; происходит под воздействием временных потоков атмосферных вод (ливневые дожди, талые воды и т.д.).

Эстуарий (от лат. *aestuarium* – затопляемое устье реки) (estuary) – однорукавное воронкообразное устье реки, расширяющееся в сторону моря (см. также устье).

Ярусы (layer) – элемент вертикальной структуры растительного ценоза. Ярусы околоводной и водной растительности различаются визуально по неоднородности вертикального распределения фитомассы. Выделяют следующие ярусы: *надводный* (высокий, средневысокий, низкий подъярусы); *плавающий* (плавающий и с плавающими листьями); *подводный* (высокий, средневысокий, придонный подъярусы).

Приложение Б

Регистрационные листы (полевые, коллекционные, электронные для базы данных)

1. Шаблон полевой этикетки

Этикетка помещается внутрь ёмкости с пробой или плотно приклеивается с помощью прозрачной клейкой ленты сверху банки с пробой:

Номер	пробы	_____	Название	водотока	_____
Пункт (станция) _____					
Месторасположение _____					
Глубина _____ Субстрат _____					
Орудие лова _____					
Кол-во повторностей _____					
Фиксатор _____					
Примечание _____					
Дата _____ Время отбора _____					
Сборщик (ФИО) _____					
ОЭА _____					

Номер пробы	<u>№ 1</u>	Название водотока	<u>ручей</u>
<u>Петровский, Хабаровский край</u>			
Пункт (станция)	<u>ст. 1 (фоновая)</u>		
<u>Месторасположение: у пос. Ракитное, 50 м выше пересече-</u>			
<u>ния с трубопроводом</u>			
Глубина	<u>30 см</u>	Субстрат	<u>галечный</u>
Орудие лова	<u>донный сачок</u>		
Кол-во повторностей	<u>2</u>		
Фиксатор	<u>75%-й спирт</u>		
Примечание _____			
Дата	<u>14 июля 2012</u>	Время отбора	<u>12:00–12:30</u>
Сборщик (ФИО) <u>Петрова Т.В.</u>			
ОЭА <u>«Речной патруль»</u>			

2. Коллекционные этикетки

ИСЕМ-011. Приморье. окр Владивостока, руч. Академический (окр. БЛИ ДВО РАН) станция 1, проба 1 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повт.) СБ. Шишкова ТС, Крейман ЛЕ ОЛИГОХЕТЫ 5 экз.	ИСЕМ-011. Приморье. окр Владивостока, руч. Академический (окр. БЛИ ДВО РАН) станция 1, проба 1 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повт.) СБ. Шишкова ТС, Крейман ЛЕ ПОДЕЖКИ 45 л	ИСЕМ-011. Приморье. окр Владивостока, (окр. БЛИ ДВО РАН) станция 1, проба 1 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повт.) СБ. Шишкова ТС, Крейман ЛЕ РУЧЕЙНИКИ Anagapetus schmidt 5 л	ИСЕМ-011. Приморье. окр Владивостока, руч. Академический (окр. БЛИ ДВО РАН) станция 1, проба 1 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повт.) СБ. Шишкова ТС, Крейман ЛЕ ГАММАРИДЫ 252 экз	ИСЕМ-011. Приморье. окр Владивостока, руч. Академический (окр. БЛИ ДВО РАН) станция 1, проба 1 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повт.) СБ. Шишкова ТС, Крейман ЛЕ ПЛАНАРИИ 14 экз	ИСЕМ-011. Приморье. окр Владивостока, руч. Академический (окр. БЛИ ДВО РАН) станция 1, проба 1 30 августа 2011 Бентометр Малый (2 повт.) СБ. Шишкова ТС, Крейман ЛЕ ВЕСНЯНИИ 14 экз
--	--	---	---	---	---

После сортировки организмы группируются по таксонам и помещаются в разные ёмкости небольшого объема, которые снабжаются коллекционными этикетками. Коллекционный номер единственный и никогда не повторяется. В таком виде материал может передаваться специалистам для определения или будет содержаться в вашей коллекции как фактическое доказательство проведённых вами исследований.

Регистрационная полевая карточка

Полевой номер пробы _____ Регион _____
(край, область)

Место сбора _____
(ближайший населенный пункт или другие указатели расположения)

Название водотока _____ Бассейн _____

Станция № _____ координаты _____
(указать фоновая или тестируемая)

Дата " _____ " _____ 2018 г. Время отбора пробы _____ ч. _____ мин.

Методы сбора:

D-net _____ Kick-net _____ Бентометр _____ Почвенное сито _____
(укажите количество повторностей)

Сбор имаго _____
(1-светловушка спиртовая, 2 – светловушка-экран, 3 – кошение растительности, 4 – другое)

Количество повторностей _____ Фиксатор: _____

Фамилия сборщика: _____ ОЭА _____

Температура воздуха: _____ Температура воды: _____

Погодные условия и погодные условия в течение 3 предыдущих дней: _____

Скорость течения: _____
(1 – нулевая, 2 – очень медленная, 3 – медленная, 4 – умеренная, 5 – быстрая, 6 – очень быстрая)

Степень наполнения русла: _____
(1 – засушливый период, 2 – межень, 3 – слабо переполненное, 4 – переполненное, 5 – сильно переполненное)

Характер грунта: _____
(1 – чистый ил, 2 – чистый песок (2.1. мелкозернистый, 2.2. крупнозернистый), 3 – илесто-песчаный, 4 – песчано-илстый, 5 – песчано-гравийный, 6 – песчано-гравийно-илстый, 7 – гравийный, 8 – галечно-гравийный, 9 – галечный (9.1. мелкая галька, 9.2. среднеразмерная галька), 10 – галечно-гравийный с валунами, 11 – валунный с галькой, 12 – каменистое плато)

Ширина русла (м): _____ Расстояние от берега места отбора пробы (м) _____

Характер берега: _____ Глубина отбора пробы (см) _____

Средняя глубина (см) _____ Профиль: _____

Освещенность: _____
(0 – водоток полностью затенен кронами деревьев, 1 – слабый просвет, 2 – затемненный просвет, 3 – хорошо освещен, 4 – затенен лишь у берега, 5 – полностью освещен)

Цвет воды: _____

Прозрачность / мутность воды: _____
(1 – прозрачная, 2 – слабо мутная, 3 – мутноватая, 4 – мутная, 5 – очень мутная)

Характер взвеси: _____
(1 – лесовидная, 2 – частицы глины, 3 – частицы песка, 4 – иловые частицы, 5 – растительный детрит, 6 – водоросли, 7 – бактериальная слизь)

Присутствие детрита _____
(0 – отсутствует, 1 – очень мало, 2 – умеренное количество, 3 – много, 4 – очень много)

Характер детритных отложений: _____
(1 – широколиственный опад, 2 – листья и ветки, 3 – крупные древесные части + листья и ветки, 4 – хвоя + широколиственный опад, 5 – хвоя, 6 – мелкодисперсный детрит)

%FROM _____, %CPOM _____, CPOM/FROM _____

Характер прибрежной растительности: _____

Экологический паспорт водотока

I. Общие сведения о водотоке

1. Название водотока/водоема: _____
2. Речная система (к какому водосбору принадлежит водный объект): _____

3. Главная река или приток (какого порядка): _____
4. Откуда начинается водоток (характеристика): _____
5. Куда впадает (устье): _____
6. Длина водотока: _____
7. Административный район (районы), по которым протекает водоток; близлежащие населенные пункты: _____

8. Какие притоки принимает:
- правые: _____
 - левые: _____
9. Есть ли плотины, запруды, где находятся: _____
10. Для искусственных водотоков (каналы, канавы): _____
- характер водотока (копанный, бетонные берега и др.): _____
 - когда создан: _____
 - для каких целей используется: _____

II. Характеристика водотока и её долины в месте исследования

11. Описание местоположения исследуемого участка водотока (в верхнем течении/ближе к истоку, среднем, нижнем/ближе к устью): _____
12. Местоположение станций отбора проб:
- местоположение фоновой станции: _____
 - местоположение тестируемой станции: _____
13. Особенности речной долины: ширина и форма:
- наличие террас: _____
 - количество террас: _____
 - из каких пород сложены: _____
14. Характер растительности по берегам реки и на склонах речной долины: _____
15. Характер поймы водотока:
- ширина: _____
 - растительность: _____
 - слагающие породы: _____
16. Родники в долине реки (количество, расположение): _____
17. Русло водотока в месте отбора проб:
- ширина: _____
 - глубина: _____
 - максимальная: _____
 - средняя: _____
18. Наличие островов, бродов, протоков, перекатов и их расположение: _____
19. Особенности грунта дна: _____
20. Скорость течения: _____
21. Расход воды: _____

22. Органолептические показатели:

- запах: _____
- цветность: _____
- мутность: _____
- привкус: _____

23. Температура воды: _____

III. Флора и фауна

24. Прибрежная растительность (указать преобладающие и редкие виды):

25. Водная и донная растительность (преобладающие и редкие виды):

- характер водной растительности: _____
- степень зарастания русла (% площади): _____

26. Рыбное население:

- обычные виды: _____
- редкие виды: _____

27. Бентос (преобладающие виды): _____

28. Беспозвоночные животные, отмеченные в прибрежье, на берегах:

29. Звери, птицы, их следы: _____

IV. Использование реки и ее долины, экологические последствия

30. Какие населенные пункты находятся в долине реки и по берегам, на каком расстоянии от реки: _____

31. Промышленные и сельскохозяйственные предприятия, их расположение по отношению к реке: _____

32. Какие сельскохозяйственные угодья (засеянные поля, луга для выпаса скота): _____

33. Какую площадь занимают: _____

34. Как используются река и долина в рекреационных целях (дома отдыха, детские лагеря, пляжи и т.п.): _____

35. Используется ли река для судоходства или сплава леса: _____

36. Используется ли река для рыболовства: _____

37. Используется ли река для водоснабжения и других хозяйственно-бытовых нужд: _____

V. Источники загрязнения реки, применяемые водоохранные мероприятия

38. Какова ширина природоохранной зоны реки: _____

39. Природные источники и причины изменения качества воды: _____

40. Антропогенные источники загрязнения реки:

- какие: _____
- где расположены: _____

41. Укажите места сброса неочищенных вод: _____

42. Укажите места сброса очищенных сточных вод: _____

43. Какие мероприятия проводятся по их очистке: _____

44. Перечислите экологические нарушения, выявленные в бассейне реки или в районе исследуемого участка, закартируйте их: _____

45. Ваши предложения по охране и рациональному использованию реки и ее долины: _____

46. Что сделано вами по очистке реки и ее берегов: _____

47. Что сделано вами по ликвидации выявленных экологических проблем: _____

48. ФИО, возраст, род занятий, составлявших данный паспорт водотока: _____

49. Дата заполнения паспорта:

«_____» _____

50. Название ОЭА, адрес и контактная информация: _____

52. Название общественного экологического агентства (ОЭА): _____

52. Руководитель ОАЭ: _____

53. Члены ОАЭ: _____

Список материалов и оборудования, необходимых для проведения мониторинга

Для полевых работ по пресноводному биомониторингу следует иметь следующую экипировку и оборудование:

Экипировка

1. Сапоги болотные или рыбацкий комбинезон.
2. Перчатки резиновые длинные (для сборов в загрязненных водотоках).
3. Накомарник (при работе на лесных водотоках).

Оборудование и материалы

1. Полевой бинокляр или увеличительная лупа.
2. Прибор для измерения координат (GPS).
3. Фотоаппарат.
4. Видеокамера.
5. Ручной экран (Kick net).
6. Донный сачок (D-frame dip net).
7. Бентометр рамочный для количественных сборов бентоса (бентометр Леванидова, малый бентометр или другие).
8. Почвенное или бытовое сито с металлической сеткой для промывки пробы и освобождения её от тонких фракций донного субстрата.
9. Промывальный сачок.
10. Светоловушка.
11. Простыня с закрепительными верёвками для экранной светоловушки.
12. Белый поддон для «сырой» светоловушки.
13. Мешочки из тонкой дели или шёлковой ткани (10,0 × 10,0 см) для сбора качественных проб (для сбора бентоса из различных микробиотопов).
14. Пластиковые пакеты с замком (зип-пакеты) (для сбора бентоса из различных микробиотопов).
15. Пластиковое ведро.
16. Белые кюветы или фотованночки с гладким дном.
17. Пинцеты (глазные).
18. Ножницы.
19. Ёмкости для сбора гидробиологических проб в поле (300–500 мл).
20. Ёмкости для сортированного материала гидробиологических проб (150–200 мл).
21. Спирт для фиксации качественных проб – 75–95% EtOH.
22. Формалин для фиксации количественных проб (4% формальдегид).
23. Полотенце (или салфетки).
24. Энтомологический сачок (глубина сачка 0,5–0,7 м, диаметр кольца 40–45 см) на длинной ручке.
25. Чашки Петри пластиковые.
26. Секундомер.
27. Мерная верёвка или рулетка.
28. Линейка для измерения глубины водотока (особенно важна при определении расхода воды).
29. Контейнеры для перевозки проб.
30. Полевой дневник.
31. Ручка со спиртоустойчивыми чернилами для этикеток или простой графитный карандаш.
32. Полевые этикетки для гидробиологических проб.
33. Полевые регистрационные карточки.
34. Поплавки для измерения скорости поверхностного течения.
35. Компас.

Приложение Г

Семейства водных беспозвоночных дальневосточной фауны с указанием толерантных значений (TV) и принадлежности к функционально-трофическим группировкам (FFGs)

Таксоны	Функционально- трофическая группа, FFGs	Толерантное значение, TV
ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ		
ПОДТИП Tracheata – Трахейнодышащие		
КЛАСС Entognatha – Скрыточелюстные		
ПОДКЛАСС Collembola – Ногохвостки		
Collembola	c-g	5
КЛАСС Insecta – Насекомые		
Отряд Ephemeroptera – Подёнки		
Acanthometropodidae	c-g	3
Ameletidae	c-g	0
Ametropodidae	c-g	3
Baetidae	c-g/scr	4
Behningiidae	c-g	3
Caenidae	c-g	7
Ephemerellidae	c-g/scr	2
Ephemeridae	c-g	4
Heptageniidae	scr	4
Isonychiidae	c-f	2
Leptophlebiidae	shr	2
Metretopodidae	prd	2
Neophemeridae	c-g	2
Oligoneuriidae	c-f	2
Palingeniidae	c-g?	?
Polymitarcyidae	c-g/c-f	2
Potamanthidae	c-g	4
Siphonuridae	scr	5
Отряд Plecoptera – Веснянки		
Capniidae	shr	1
Chloroperlidae	prd/c-g	1
Leuctridae	shr	0

Продолжение прил. Г

Таксоны	Функционально- трофическая группа, FFGs	Толерантное значение, TV
Nemouridae	shr	2
Perlidae	prd	1
Perlodidae	prd	2
Pteronarcyidae	shr	0
Taeniopterygidae	shr	2
Отряд Trichoptera – Ручейники		
Arctopsychidae	c-f	2
Apataniidae	scr	2
Brachycentridae	shr/c-f	1
Calamoceratidae	shr	3
Dipseudopsidae	c-f	5
Ecnomidae	prd/ c-g	6
Glossosomatidae	scr	0
Goeridae	scr	3
Helicopsychidae	c-f	3
Hydrobiosidae	p	0
Hydropsychidae	c-f	5
Hydroptilidae	scr/prc	4
Lepidostomatidae	shr	1
Leptoceridae	c-g/shr/prd	4
Limnephilidae <i>sensu stricto</i>	shr	4
Limnephilidae (Dicosmoecinae)	shr/scr	3
Molannidae	scr/prd	5
Odontoceridae	scr	0
Philopotamidae	c-f	3
Phryganeidae	shr/prd	4
Phryganopsychidae	shr	3
Polycentropodidae	c-f/shr	6
Psychomyiidae	c-g/scr	2
Rhyacophilidae	prd	0
Sericostomatidae	shr	3
Stenopsychidae	c-f	1

Продолжение прил. Г

Таксоны	Функционально- трофическая группа, FFGs	Толерантное значение, TV
Thremmatidae	scr	3
Uenoidae	scr	3
Отряд Odonata – Стрекозы		
Aeshnidae	prd	3
Calopterygidae	prd	5
Coenagrionidae	prd	9
Cordulegastridae	prd	3
Corduliidae	prd	5
Gomphidae	prd	1
Lestidae	prd	9
Libellulidae	prd	9
Macromiidae	prd	3
Отряд Heteroptera – Полужесткокрылые		
Aphelocheiridae	prd	1
Corixidae	prd	5
Nepidae (<i>Непа</i>)	prd	7-8
Отряд Megaloptera – Большеккрылые		
Corydalidae	prd	0
Sialidae	prd	4
Отряд Lepidoptera – Чешуеккрылые		
Pupalidae	shr/scr	4
Отряд Coleoptera – Жесткокрылые		
Curculionidae	shr	5
Dryopidae	scr	5
Dytiscidae	prd	5
Elmidae	scr/c-g	4
Gyrinidae	prd	4
Haliplidae	shr	5
Hydrophilidae <i>sensu lato</i>	c-g/prd/shr	5
Hydraenidae	prd (L)/sc/c-g (A)	5
Hydrophilidae	prd	5
Helophoridae	shr	5

Продолжение прил. Г

Таксоны	Функционально- трофическая группа, FFGs	Толерантное значение, TV
Psephenidae	scr	4
Scirtidae	scr	5
Отряд Neuroptera – Сетчатокрылые		
Sisyridae	prd	5
Отряд Diptera – Двукрылые		
Athericidae	prd	2
Blephariceridae	scr	0
Ceratopogonidae	prd	6
Chaoboridae	prd	8
Chironomidae:		
Chironominae (красные) (Chironomini)	c-g	8
Chironominae	c-g/prd/shr/c-f/scr	6
Tanypodinae	prd	7
Podonominae	c-g	1
Diamesinae	c-g	2
Orthoclaadiinae	c-g/shr/prd	6
Culicidae	c-f	8
Dolichopodidae	prd	4
Empididae	prd	6
Ephydriidae	shr	6
Muscidae	prd	6
Psychodidae	c-g	10
Ptychopteridae	c-g	9
Scathophagidae	shr	6
Simuliidae	c-f	5
Stratiomyidae	c-g	7
Syrphidae	c-g	10
Tabanidae	c-g/prd	6
Tipulidae	c-g/prd/shr	3
КЛАСС Arachnida – Паукообразные		
Отряд Hydracarina – Водные клещи		
Hydracarina	prd	6

Продолжение прил. Г

Таксоны	Функционально-трофическая группа, FFGs	Толерантное значение, TV
ПОДТИП CRUSTACEA – РАКООБРАЗНЫЕ		
КЛАСС Malacostraca – Высшие раки		
Отряд Isopoda – Равноногие		
Anthuridae	c-g	5
Idoteidae	c-g	5
Asellidae	c-g	6
Отряд Amphipoda – Бокоплавы		
Crangonyctidae	c-g	6
Gammaridae	c-g/shr	4
Talitridae/Hyalellidae	c-g	8
Отряд Decapoda – Десятиногие		
Cambaridae	shr	5
ТИП MOLLUSCA – МОЛЛЮСКИ		
КЛАСС Gastropoda – Брюхоногие		
ПОДКЛАСС – Pectinibranchia		
Bellamyidae	scr	6
Bithyniidae	scr	7
Pleuroceridae (Juginae)	scr	8
Valvatidae	scr	6
ПОДКЛАСС Pulmonata – Лёгочные		
Acroloxidae	c-g	5
Lymnaeidae	c-g	8
Physidae	c-g	8
Bulinidae (<i>Culminella</i>)	scr	5
Planorbidae	scr	8
КЛАСС Bivalvia – Двустворчатые		
Euglesidae	c-f	7
Margaritiferidae	c-f	4
Pisidiidae	c-g	8
Sphaeriidae	c-f	6
Unionidae	c-f	6

Окончание прил. Г

Таксоны	Функционально- трофическая группа, FFGs	Толерантное значение, TV
ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ		
КЛАСС Clitellata – Поясковые черви		8
ПОДКЛАСС Oligochaeta – Олигохеты		
Haplotaxidae	prd	5
Lumbricidae	c-g	8
Lumbriculidae	c-g	8
Enchytraeidae	c-g	10
Tubificidae	c-g	10
Naididae	c-g/prd	8
ПОДКЛАСС Hirudinea – Пиявки		
Bdellidae	prd	10
Glossiphoniidae (<i>Helobdella</i>)	par/prd	6
Другие Glossiphoniidae	prd	8
ПОДКЛАСС Branchiobdellae – Бранхиобделлиды		
Branchiobdellidae	c-g	5
ТИП PLATHELMINTHES – ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ		
КЛАСС Turbellaria – Ресничные черви		
Planariidae	prd	4
ТИП CNIDARIA – СТРЕКАЮЩИЕ		
КЛАСС Hydrozoa – Гидроидные		
ПОДКЛАСС Hydroidolina – Гидроидолиновые		
Hydridae	prd	5

Примеры обращений в государственные административные,
надзорные и природоохранные органы

Акт натурного обследования



«ОБЩЕСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
КОНТРОЛЬ РОССИИ»

Общероссийская общественная организация по защите окружающей среды
109240, г. Москва, ул. Гончарная д. 7/4, стр. 1
ОГРН1117799018920; ИНН 7705520330; КПП 770501001
350065 г. Краснодар, ул. Парусная 20/2, телефоны: приемная 8(861) 23-34-16, оперативный
дежурный в Краснодаре 8(928) 98-26-492, 8(918) 033-30-16, в Новороссийске 8(8617) 69-79-11
E-mail: rosprirodnadzor.nvrsk@yandex.ru

АКТ № 005
натурного обследования территории (акватории)
на предмет соблюдения природоохранных требований

« 06 » января 2014 г.
(дата составления)

г. Новороссийск, ст. Натухаевская
(место составления)

Мною, старшим экспертом-экологом Общероссийской общественной организации по
защите окружающей среды "Общественный экологический контроль России", Чернышным
Юрием Семеновичем, удостоверение серия СУ № 00062, дата выдачи 21.12.2013 г.
(должность, Ф.И.О. должностного лица, № и дата выдачи служебного удостоверения)

« 06 » января 2014 г. с 14 часов 10 минут до 15 часов 30 минут, в ходе проведения рейда был
проведен осмотр прилегающей территории ЛПХ Аюпина М.В., расположенной по адресу г.
Новороссийск, станция Натухаевская, в районе третьего километра автодороги от ст. Натухаевской
в сторону ст. Гостагаевской, на повороте автодороги в сторону военного жилого городка.
(адрес/место нахождения обследуемой территории)

Обследование проведено на основании жалобы жителей военного городка, поступившей на
телефон оперативного дежурного и в соответствии с Распоряжением Общероссийской
общественной организации по защите окружающей среды "Общественный экологический контроль
России" № Р-003 от « 29 » декабря 2013 г. "О проведении рейдовых мероприятий по соблюдению
требований природоохранного законодательства Российской Федерации в области охраны
окружающей среды на территории Муниципального образования г. Новороссийск". В соответствии
с действующим законодательством Российской Федерации: ст. 12, ст. 68 Федерального Закона от
10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; ст. 19, ст. 20, ст. 21, ст. 22
Федерального закона от 23 ноября 1995 г. N 174-ФЗ "Об экологической
экспертизе".
(указывается основание проведения обследования территории (акватории) – ссылка, распоряжение)

Должностное лицо (а), участвовавшие в обследовании территории (акватории):

1. _____
(Ф.И.О., проводящего обследование)

В присутствии свидетелей (понятых):

1. Маукаевой Риммы Хамзовны, паспорт гражданина РФ: серия 8011 № 538856, выдан 03.10.2012
г. Отделением УФМС России по республике Башкортостан в Федоровском районе, код подразделения
020-065; проживающей по адресу г. Новороссийск, ул. Героев десантников д. 73, кв. 17.
(фамилия, имя, отчество, паспортные данные, адрес, телефон)

2. Самойленко Михаила Георгиевича, паспорт гражданина РФ: серия № 0303 434738, выдан 02 октября 2002 года ОВД Приморского округа г.Новороссийска, код подразделения 232-014, проживающего по адресу: г. Новороссийск, с. Абрау-Дюрсо, ул. Жени Мальского д. 7

(фамилия, имя, отчество, паспортные данные, адрес, телефон)

Мероприятия, проводимые в ходе обследования территории (акватории):

(указывать марку и ключевые параметры фотоаппарата и других технических средств)

в ходе обследования, при дневном освещении, проводилась фотосъемка цифровым фотоаппаратом - SONY № 8060901.

Обстоятельства, установленные в ходе обследования территории, в том числе сведения о выявленных нарушениях природоохранного законодательства: при осмотре прилегающей территории ЛПХ Акопяна М.В., расположенного на повороте автодороги в сторону военного жилого городка.

Было выявлено:

1. На всей прилегающей территории к теплицам ЛПХ Акопяна М.В. выявлено несанкционированное размещение и накопление свежего куриного навоза. Свежий куриный помет вывозится с Натухаевской птицефабрики и не пройдя положенной стадии переработки в удобрение методом перегнивания, прямооток сливается на поле возле автодороги на площади около 10 000 м² и высотой до 1 м. Помет куриный свежий Код по ФККО: 1310010103013, представляет собой 3й класс опасности, складирован непосредственно на поверхностном слое земли, соответственно загрязняя плодородный слой почвы.

Установлено, что: фермер ЛПХ Акопяна М.В. не обеспечил выполнение всех требований природоохранного законодательства, при этом нарушены требования ст. 3, ст. 4, ст. 51 ФЗ от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; ст. 12 Федерального Закона от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»; ст. 12, ч. 1 ст. 13 ФЗ от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации».

В указанных действиях содержатся признаки виновного противоправного деяния выразившееся в выполнении всех требований природоохранного законодательства, санитарных норм и правил при обращении с отходами.

Данные действия указывают на наличие события административного правонарушения, предусматривающего ответственность за данные правонарушения по статьям 8.2 и 8.6 КоАП РФ.

Приложение к акту: (фототаблица, план-схема): фотографии от 06.01. 2014 г.

Подписи должностных лиц, участвовавших в обследовании территории (акватории):

1. _____
(Ф.И.О.) (подпись)

Подписи свидетелей (понятых):

1. Маукаева Р.Х.
(Ф.И.О.)

_____ (подпись)

2. Самойленко М.Г.
(Ф.И.О.)

_____ (подпись)

Подпись эксперта-эколога:

_____ (подпись)

Ю.С. Черницын
(Ф.И.О.)

Пример обращения в надзорные органы

Форма обращения может быть произвольной. Желательно указать ссылки на нарушенные законы: вы не обязаны выяснять, кто является виновным и несет ответственность за выявленное правонарушение, только укажите, что именно вам кажется неправильным и какую проблему необходимо решить.

Для того чтобы ваше обращение было рассмотрено, оно должно содержать следующие **обязательные реквизиты**:

1. Наименование государственного органа или органа местного самоуправления, в которые направляется письменное обращение, либо фамилию, имя, отчество соответствующего должностного лица, либо должность соответствующего лица.

2. Ваши фамилию, имя, отчество.

3. Почтовый адрес, по которому вам должны быть направлены ответ или уведомление о переадресации обращения.

4. Суть вашего предложения, заявления или жалобы (желательно кратко и ясно указать, что случилось, где и когда).

5. Ваша личная подпись и дата.

Ваше обращение будет оставлено без ответа, если:

- что-либо из указанного выше в обращении отсутствует;
- обращение содержит нецензурные или оскорбительные выражения или угрозы;
- текст обращения не поддается прочтению;
- вы обращаетесь повторно по тому же вопросу, после того как вам уже был дан ответ, и не сообщаете ничего нового;
- следует особо подчеркнуть, что **анонимные обращения государственных органов, за редким исключением, не рассматривают.**

В остальных случаях ваше обращение подлежит обязательному рассмотрению в течение 30 дней. Если по истечении месяца ответ не получен, вы вправе пожаловаться в прокуратуру, которая обязана не только привлечь к ответственности чиновника, проигнорировавшего ваше обращение, но и разобраться по существу жалобы.

ОБРАЩЕНИЕ
по поводу проблемы атмосферного загрязнения
в районе ул. Светлая (Южно-Сахалинск)

Министру природных ресурсов
и охраны окружающей среды
Сахалинской области от инициативной
группы жильцов дома № 15
по ул. Светлая, г. Южно-Сахалинск)

Мы, жители дома № 15 по ул. Светлой, обращаемся к Вам по следующей проблеме. Рядом с нашим домом находится большая автостоянка «Вдохновение» примерно на 150 машино-мест (с западной стороны от нашего дома), шиномонтажная мастерская с автостоянкой примерно на 100 мест (с северо-западной стороны), а также таксопарк компании «Апокалипсис» (с восточной стороны), которая также оказывает услуги по платной стоянке автомобилей (около 50–70 машин) для жителей соседних домов.

Таким образом, наш дом окружен несколькими автостоянками и, учитывая, что рядом проходит железная дорога и две улицы с очень оживленным автомобильным движением, а дом расположен в низине, то качество воздуха в этом районе крайне плохое и негативно влияет на здоровье жителей этого дома.

В связи с этим просим Вас сообщить:

- согласовано ли размещение указанных автостоянок с Министерством и другими контролирующими органами;
- стоят ли вышеуказанные автостоянки и таксопарк на учете в Вашем Министерстве и осуществляют ли они плату за негативное воздействие на окружающую среду?

В случае, если вышеуказанные объекты на учете в Министерстве не состоят, то убедительно просим провести их проверку на предмет соблюдения природоохранного законодательства РФ и наличия разрешительной документации на размещение и эксплуатацию автостоянок и таксопарка.

Заранее благодарим Вас за ответ и просим направить его по адресу: г. Южно-Сахалинск, ул. Светлая, д. 15, кв. 17, Иванову И.И. (представитель ИГ).

Подпись: Иванов Иван Иванович

Дата: 18 августа 2013 г.

Учебное издание

Вшивкова Татьяна Сергеевна
Иваненко Наталья Владимировна
Якименко Людмила Владимировна
Дроздов Константин Анатольевич

ВВЕДЕНИЕ

В БИОМОНИТОРИНГ ПРЕСНЫХ ВОД

Учебное пособие

Редактор М.А. Шкарубо
Компьютерная верстка М.А. Портновой

Подписано в печать 05.12.2019. Формат 70×100/16.
Бумага писчая. Печать цифровая. Усл.-печ. л. 19,5.
Уч.-изд. л. 18,0. Тираж 600 [II–300] экз. Заказ 1121

Издательство Владивостокского государственного университета
экономики и сервиса
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41
Отпечатано во множительном участке ВГУЭС
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41