

Учебное пособие «Водные объекты города Петрозаводска» подготовлено коллективом авторов на основе проведенных ими научных исследований. В пособии представлена информация по географии, гидрологии, геологии, гидробиологии, гидрохимии водоемов г. Петрозаводска, включая результаты работ, описание методик, картографический и иллюстрационный материалы.

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА



КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

Учебное пособие

Петрозаводск
2013

УДК 556 (470.22-25)(075)
ББК 26.22
В62

Рецензенты: д. б. н. Р. У. Высоцкая, к. г. н. С. П. Гриппа

В62 **Водные объекты города Петрозаводска: Учебное пособие** / Ред. А. В. Литвиненко, Т. И. Регеранд. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2013. 109 с.: ил. 64, табл. 39. Библиогр. 162 назв.

Учебное пособие подготовлено коллективом авторов на основе проведенных ими научных исследований. В нем представлена информация по географии, гидрологии, геологии, гидробиологии, гидрохимии водоемов г. Петрозаводска, включая результаты работ, описание методик, картографический и иллюстрационный материалы.

Учебное пособие предназначено для учителей и учащихся средних школ, студентов вузов, представителей административных структур и всех неравнодушных к состоянию окружающей среды граждан. Коллектив авторов выражает надежду, что их труд поможет реализации различных программ, направленных на устойчивое использование и охрану водных объектов Республики Карелия.

УДК 556 (470.22-25)(075)
ББК 26.22

Подготовка и издание учебного пособия «Водные объекты города Петрозаводска» осуществлялись при финансовой поддержке Российской академии наук, предоставленной научно-образовательному центру «Водные объекты Карелии и методы исследования» Института водных проблем Севера КарНЦ РАН по программе «Поддержка молодых ученых».

ISBN 978-5-9274-0607-4

© Карельский научный центр РАН, 2013
© Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, 2013
© Русское географическое общество, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА (А.В. Толстиков)	5
2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТА (Л. Е. Назарова)	8
3. ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА	11
3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ (М. С. Богданова, А. В. Литвиненко, М. С. Потахин)	11
3.2. ГИДРОНИМЫ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ (Л. В. Кабанова)	13
3.3. ВОДОЕМЫ. МОРФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ (М. С. Потахин, А. В. Литвиненко)	15
3.4. ВОДОТОКИ. ИСТОРИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	21
3.4.1. Визуальная оценка состояния малых рек (Ю. А. Сало)	21
3.4.2. Гидрографическая и гидрологическая характеристика водотоков (В. А. Карпечко)	25
3.4.3. Лососинка и Неглинка: немного истории (Л. В. Кабанова, В. А. Карпечко, С. Б. Потахин)	27
3.4.4. Катастрофические явления на реках. Паводки, половодья (С. Б. Потахин)	30
4. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ (Г. С. Бородулина)	31
4.1. Основные понятия о подземных водах	31
4.2. Гидрогеологические условия района города Петрозаводска	33
4.3. Роль подземного стока в формировании химического состава поверхностных вод	40
5. ПРОСТЕЙШИЕ МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ ВОДЫ МАЛЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ОРГАНИЗМАМ МАКРОЗООБЕНТОСА (ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ) (Т. Н. Полякова)	43
6. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ ПО ДИАТОМОВЫМ КОМПЛЕКСАМ И КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ (Т. С. Шелехова, Д. С. Рыбаков, З. И. Слуковский)	59
7. СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ В МАЛЫХ ВОДОЕМАХ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА (С. Ф. Комулайнен, А. Н. Круглова, Ю. Л. Сластина, Е. В. Теканова, М. А. Клочкова)	67
8. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРИТОКОВ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА (Т. М. Тимакова)	74
9. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕК НА ПРЕДМЕТ ВОЗМОЖНОСТИ НЕРЕСТА И ОБИТАНИЯ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ЛОСОСИНКИ (И. А. Тыркин, И. Л. Щуров, В. А. Широков)	78
10. БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДЫ РЕКИ ЛОСОСИНКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ ВИДОВ РАКООБРАЗНЫХ (Н. М. Калинкина, А. И. Сидорова, А. А. Гридина)	82
11. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД НА ОСНОВЕ БИОМАРКЕРОВ (Ю. Н. Лукина, Л. А. Беличева)	85
ВМЕСТО ПОСЛЕСЛОВИЯ (Л. В. Кабанова)	92
ГЛОССАРИЙ	94
ЛИТЕРАТУРА	102
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	108

ВВЕДЕНИЕ

2013 год официально объявлен в России **Годом охраны окружающей среды**. В Указе Президента РФ от 10 августа 2012 г. говорится, что это важное событие проводится с целью «обеспечения права каждого человека на благоприятную окружающую среду».

Предлагаемое учебное пособие является скромным вкладом научных сотрудников Института водных проблем Севера, Института биологии и Института геологии КарНЦ РАН и их коллег в изучение экологических проблем и их осмысление с последующим представлением полученных результатов для образования и принятия административных и общественных решений.

Цель пособия – формирование комплексного восприятия водной окружающей среды на примере г. Петрозаводска как модели любой другой территории Республики Карелия и других регионов.

В настоящее время, в связи с осуществлением реформ в образовании, в современных учебных планах значительное место отводится региональному компоненту. Предлагаемое учебное пособие предоставит возможность индивидуального его использования в зависимости от потребностей педагогов, как среднего, так и высшего образования. Это может быть научная информация, методика исследования или идеи для составления и реализации обучающих программ по различным темам, включая географию, геологию, гидрологию, гидробиологию, гидрохимию, а также комплексные направления.

Карелия не относится к территориям с высокой плотностью населения (менее 4 чел./км²). Однако около 80 % населения республики проживает в городских населенных пунктах, поэтому проблема деградации и восстановления урбанизированных территорий достаточно актуальна.

Водные объекты являются важной составляющей современной городской среды. От интенсивности гидрологических, гидрохимических и биологических процессов, протекающих в них, зависят стабильность урбанизированных экосистем. Водоемы выполняют санитарно-биологическую, климатообразующую и рекреационную функции. В то же время они подвергаются постоянному антропогенному воздей-

ствию и поэтому являются важнейшим показателем экологического благополучия города.

Водоемы на территории г. Петрозаводска характеризуются значительными изменениями природных свойств в результате сброса промышленных и бытовых сточных вод, застройки прибрежной территории, изменения площади водосбора. Некоторые водоемы представляют собой природно-антропогенные или полностью антропогенные (техногенные) объекты. Многие водоемы утратили свою роль как источников водоснабжения, но некоторые из них сохраняют свою рекреационную привлекательность.

Отрицательный эффект, вызванный урбанизацией, может быть уменьшен разработкой целостной системы специальных инженерно-мелиоративных и экологических мероприятий, направленных на восстановление водоемов. Для принятия научно-обоснованного технического решения необходимо детальное изучение их состояния, выявление зон максимального изменения качества среды, что возможно только на основе комплексного мониторинга гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов.

В настоящее время только на некоторых водоемах эпизодически ведется гидрохимический мониторинг качества воды. Интегральная характеристика качества водных экосистем возможна только при использовании биоиндикационных методов, так как, выступая в качестве «постоянных мониторов», гидробионты первыми реагируют на антропогенное воздействие. Анализ альгоценозов (фитопланктон, фитоперифитон) позволяет диагностировать загрязнение до выявления его химическими методами. Гидробиологические исследования на водоемах и водотоках Республики Карелия проводятся с начала XIX в. Однако изучение структуры сообществ водных организмов во многих водных объектах, расположенных на территории г. Петрозаводска, ранее не проводилось.

Авторы учебного пособия выражают искреннюю надежду на продолжение научных исследований водоемов г. Петрозаводска и других населенных пунктов Карелии, которые будут проводиться на основе полученных из данной публикации знаний и умений.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

Город Петрозаводск (Петрозаводский городской округ) – административный центр Республики Карелия (до настоящего времени не имеет официального столичного статуса), административный центр Прионежского муниципального района. Петрозаводск основан в 1703 г. указом Петра I и является, таким образом, ровесником Санкт-Петербурга. Город удален от Москвы на 1091 км, от Санкт-Петербурга – на 412 км, от государственной границы с Финляндией – на 311 км (эл. ресурс: <http://www.petrozavodsk-mo.ru>). Это порт, расположенный на западном берегу Онежского озера, имеющий выходы к трассам Беломорско-Балтийского и Волго-Балтийского

каналов, поэтому отсюда водными путями можно попасть в Балтийское, Белое, Азовское, Черное и Каспийское моря. Петрозаводск относится к крупным городам, население согласно данным 2012 г. составляет 265 263 чел. (Численность населения..., 2012).

Петрозаводск вытянут вдоль побережья Онежского озера (рис. 1.1) почти на 22 км, занимает территорию более 135 км² и поднимается по озерным террасам до отметки 193 м (г. Кукковка). Учитывая то обстоятельство, что уровень Онежского озера по Кронштадтскому футштоку соответствует 33 м, перепады высот в городе достигают 160 м.



Рис. 1.1. Административные районы и границы Петрозаводского городского округа (на основе Историко-географического атласа Петрозаводска, 2008)

Крайняя северная точка находится в районе пос. Кирпичного завода, имеет координаты 61°51'30" с. ш. и 34°18'44" в. д. Крайняя западная – в районе пос. Сулажгорского кирпичного завода, ее координаты 61°49'19" с. ш. и 34°12'42" в. д. Крайняя южная точка с координатами 61°42'46" с. ш. и 34°26'53" в. д. – в районе пос. Птицефабрика и крайняя восточная – в районе Зимника, 61°47'34" с. ш. и 34°34'11" в. д. Координаты нулевого километра – 61°47'21" с. ш. и 34°22'07" в. д. В настоящее время город растет в юго-восточном направлении вдоль побережья Онежского озера (Сайнаволоки) и в западном, расширяя границы микрорайонов Кукковки, Древлянки, Перевалки и Сулажгоры.

Тектоническое строение. Петрозаводск расположен на северо-западной окраине Восточно-Европейской платформы, занимая часть Фенноскандинавского щита. Несколько южнее и юго-западнее города находится маргинальная граница сочленения щита с Русской плитой, где сосредоточены выходы вендских и рифейских отложений.

В геологическом строении территории г. Петрозаводска и его окрестностей выделяют три надгоризонта (Онежское озеро: Атлас, 2010): вепсийский (возраст 1,7–1,8 млрд лет, большая часть территории города), калевийский (1,8–1,9 млрд лет, р-н Соломенного и пос. Кирпичного завода), людиковийский (1,9–2,1 млрд лет, Бараний берег и Зимник). В депрессиях коренных пород прослеживаются ледниковые и межледниковые образования раннего, среднего и позднего плейстоцена разной мощности, в среднем равной 10 м, но достигающей на западном берегу Онежского озера в отдельных районах 140 м.

Рельеф территории, занимаемой городом, связан с историей формирования Онежского синклинория, заложенного в докембрии, и эволюцией Онежского озера после таяния ледника. Прослеживается деятельность самого ледника (*экзарация*, т. е. выпаживание и выравнивание) и работа постоянных и временных водотоков (*эрозия*, т. е. сток поверхностной воды с формированием русел) в течение нескольких тысяч лет. Освобождение территории современного г. Петрозаводска ото льда произошло не ранее 14 тыс. лет назад, и на протяжении еще как минимум 2 тыс. лет вода покрывала практически всю эту местность (Онежское озеро: Атлас, 2010). Озерные террасы г. Петрозаводска запечатлели этапы изменения береговой линии приледникового озера, образовавшегося на завершающих стадиях Верхневалдайского оледенения. Они отчетливо выделяются на склонах, если двигаться от набережной вверх по улицам города. В настоящее время берега Петрозаводской губы Онеж-

ского озера сильно изменены в результате строительства различных объектов, естественных берегов в черте города практически не осталось.

Рельеф центральной части Петрозаводска осложнен долинами рек Лососинки и Неглинки, которые врезались в рыхлые ледниково-озерные отложения на существенную глубину – до 12–15 м. Местами реки сильно меандрируют. Падения рек Лососинки и Неглинки составляют, соответственно, 150 и 140 м, уклон достигает 20–40 м на 1 км. Средняя скорость течения обеих рек – 0,3–0,4 м/с.

Благодаря расположению на озерных террасах г. Петрозаводск амфитеатром охватывает Петрозаводскую губу, а вытянутость большинства основных улиц от побережья к наиболее высоким точкам города поперек террас создает благоприятные условия для формирования плоскостного стока во время ливневых дождей и при интенсивном таянии снега. Дорожное покрытие и подземные коммуникации препятствуют фильтрации через грунт, поэтому в Онежское озеро попадают воды, насыщенные химическими и механическими загрязнителями.

Климат. Город Петрозаводск находится в умеренном климатическом поясе, климат характеризуется как переходный от морского к континентальному. Изотерма января –10 °С, изотерма июля +16 °С (Климат Карелии..., 2004), однако экстремальные величины значительны – абсолютный минимум –41,6 °С, абсолютный максимум +32,8 °С. Для этой территории основными особенностями является резкая смена метеорологических показателей за короткий период времени во все сезоны года, относительно короткое прохладное лето, продолжительная теплая зима, значительная облачность, в норме 585 мм осадков в год, преобладание циклонального типа погоды.

Водные объекты Петрозаводска – это Петрозаводская губа Онежского озера, несколько малых рек, например, Лососинка и Неглинка, которые пересекают город в центральной его части, а также небольшие озера, различные по генезису (оз. Каменный карьер, оз. Четырехверстное, оз. Ламба, оз. Логмозеро и др.). Некоторые малые водоемы имеют искусственное происхождение, поскольку расположены на месте карьеров, например, оз. Каменный карьер (он же Каменный бор или Ключевской карьер), находящийся в черте города. Все водные объекты г. Петрозаводска испытывают значительную антропогенную нагрузку. Это относится не только к «видимым» загрязнителям (дно небольших водоемов часто покрыто бытовым мусором – рис. 1.2), но отмечаются и превышения ПДК различных загрязняющих веществ в воде рек и озер. В городе и его окрестностях есть несколько десятков родников, большинство из которых также сильно загрязнено.



Рис. 1.2. Дно Каменного карьера (фото А. В. Толстикова)

Растительность. «Зеленая зона» Петрозаводска – это почти 50 тыс. га лесных и парковых территорий. Петрозаводск расположен в зоне средней тайги, и некоторые участки естественных лесов, в разной степени нарушенные человеком, в городе до сих пор сохранились. Например, лес на Кукковке, Древлянке, Ключевой, между Соломенным и Песками. В качестве интродуцентов в парках и скверах растут различные породы деревьев: дуб, вяз, клен, тополь, липа, пихта. Территорию в 367 га занимает Ботанический сад Петрозаводского государственного университета, расположенный к востоку от Соломенного. К особо охраняемым природным территориям относится ландшафтный заказник «За-

озерский» (2710 га), находящийся на полуострове Бараний берег.

Животный мир. В окрестных лесах Петрозаводска водятся небольшие млекопитающие: белки, зайцы, но могут встречаться лось, волк, лисица, рысь, даже иногда в черте города. В парках и лесах отмечается значительное разнообразие птиц.

Таким образом, физико-географическое положение Петрозаводска способствовало формированию на его территории развитой гидрографической сети. Водные объекты являются не только рядовой составляющей нашего города, но и выступают в качестве его «визитной карточки». В первую очередь это относится к Петрозаводской губе Онежского озера.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТА

Характеристика климатических условий в районе исследований составлена по данным наблюдений на метеорологической станции (МС) Петрозаводск–Сулажгора сети Роскомгидромета за последний стандартный климатический период 1961–1990 гг. Данный период утвержден Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) для расчета климатических норм, характеризующих современный климат (Оценочный доклад..., 2008). Это необходимо для достижения единообразия форм публикации и статистической обработки результатов наблюдений. Для составления характеристики климата исследуемого района по сведениям, опубликованным в Метеорологических ежегодниках (выпуск 3а, часть 2) за 1961–1990 гг., была сформирована база данных, содержащая данные многолетних наблюдений.

Петрозаводск расположен в северо-западной части умеренного климатического пояса. Климатический режим можно охарактеризовать как переходный от морского к континентальному. По классификации Б. П. Алисова (Алисов, Полтараус, 1962), климат Петрозаводска относится к атлантико-арктической зоне умеренного пояса. Преобладающие воздушные массы с Атлантики обусловили продолжительную относительно теплую зиму, короткое, обычно прохладное лето и неустойчивый режим погоды во все сезоны года. Характерной чертой климатических условий района, так же как и климата всей республики, является резкая изменчивость метеорологических показателей за короткие отрезки времени, вызванная частой сменой воздушных масс при интенсивной циклонической деятельности. Преобладание циклонов (в среднем 215 дней с циклонами за год) приводит к развитию значительной облачности во все сезоны года. В осенне-зимний период количество общей облачности составляет 7,8–8,8 балла (по десятибалльной шкале), весной – летом чуть меньше – 6,9–7,3 балла. Число истинно пасмурных дней (8–10 баллов облачности нижнего яруса) достигает 120 за год.

В период с ноября по январь в Петрозаводске отмечается 0–1 % годового количества поступающей ультрафиолетовой радиации. Продолжительность дневного солнечного освещения зимой составляет около 5 часов. Летом самый длинный день на широте Петрозаводска – около 20 часов, что позволяет получать до 13–14 ккал/см² солнечной радиации в месяц. В районе г. Петрозаводска теоретически возможная продолжительность солнечного сияния (ПСС) составляет 4530 часов за год. Но поскольку в течение года преобладающим является пасмурное состояние неба (повторяемость пасмурного состояния неба по общей облачности за год составляет 69 %), действительная ПСС значительно уменьшается – до 1674 часов за год, что составляет 37 % от возможного. В отдельные годы вследствие изменчивости циркуляционных процессов в атмосфере могут наблюдаться значительные отклонения от средних значений ПСС. Так, для г. Петрозаводска в декабре 1984 г. был отмечен абсолютный минимум ПСС – за месяц солнце наблюдалось в течение 42 минут при норме 8,3 часа. Абсолютный максимум ПСС за месяц для Петрозаводска составляет 407 часов (май 1978 г., норма – 294,5 часа) (Назарова, 2003). Число дней без солнца – 119 за год (климатическая норма).

Средняя годовая температура воздуха по данным МС Петрозаводск–Сулажгора составляет 2,4 °С. В прибрежной зоне Онежского озера средние месячные температуры с июля по февраль на 0,3–0,8 °С выше, а с марта по июнь (пока идет разрушение льда и прогревание воды) на 0,1–0,5 °С ниже, чем внутри города. Повышение температуры воздуха за счет влияния озера больше, чем понижение, и поэтому в среднем за год температура в прибрежной полосе на 0,3 °С выше, чем внутри города (Климат Петрозаводска, 1982).

Самый холодный месяц – январь. Его средняя температура воздуха –11,4 °С (абсолютный минимум –41,6 °С отмечен в январе 1987 г.). Абсолютный минимум температуры поверхности

почвы -46°C (январь 1982 г.). Зимний сезон начинается в третьей декаде ноября. Продолжительность устойчивых морозов в среднем 114 дней. В течение зимнего сезона нередко оттепели до $2-4^{\circ}\text{C}$, которые часто сменяются резкими похолоданиями. Высота снежного покрова на открытых участках составляет в среднем 27–30 см ко времени максимального накопления (первая декада марта). Появление временного снежного покрова на исследуемой территории возможно с первой декады октября, устойчивый снежный покров образуется в третьей декаде ноября (средняя дата – 22 ноября, самая ранняя – 13 октября, поздняя – 12 января) и держится до второй декады апреля (средняя дата начала разрушения – 11 апреля, самая ранняя – 15 марта, поздняя – 1 мая). В отдельные годы снежный покров может сохраняться до первой-второй декады мая. Среднее многолетнее количество дней с устойчивым снежным покровом составляет 155 дней. Максимальная глубина промерзания почвы превышает 150 см, минимальная – 27 см, наибольшая средняя глубина (99 см) наблюдается в марте.

Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через ноль (наступление весны) происходит в первой декаде апреля (рис. 2.1). Весна характеризуется частыми возвратами холодов, а иногда и кратковременным установлением снежного покрова. В среднем к концу апреля вся территория освобождается от снега. В мае рост температуры воздуха продолжается, и 1–3 числа этого месяца температура воздуха переходит через 5°C , а к концу мая – через 10°C . Средняя дата последнего заморозка – 27 мая (самая ранняя – 7 мая 1967 г.), первого заморозка – 19 сентября (самая поздняя – 24 октября 1950 г.).

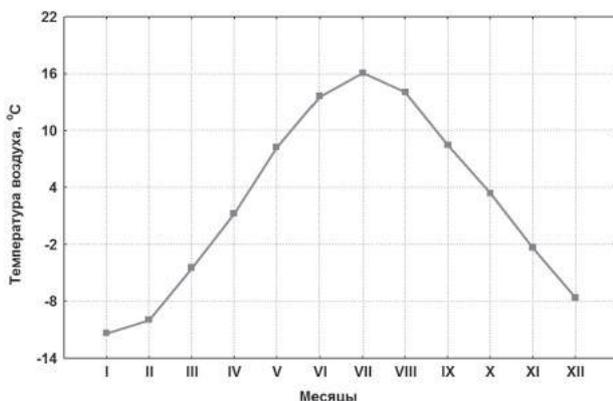


Рис. 2.1. Средняя месячная температура воздуха по данным МС Петрозаводск–Сулажгора за 1961–1990 гг.

Лето начинается в конце третьей декады мая и заканчивается в начале второй декады сентября (продолжительность в среднем

100–110 дней). Максимум температуры воздуха в годовом ходе приходится на июль (средняя температура месяца $+16,1^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум $+32,8^{\circ}\text{C}$) отмечен в июле 1972 г.). Абсолютный максимум температуры поверхности почвы $+49^{\circ}\text{C}$ (август 1975 г.).

В среднем за год в районе г. Петрозаводска значения атмосферного давления составляют 999,4 гПа.

Юго-западные и западные ветры в г. Петрозаводске являются господствующими в течение всего года (повторяемость 25 и 21 % соответственно), но в теплую половину года увеличивается повторяемость и других направлений (рис. 2.2). Под влиянием Онежского озера в период с апреля по август появляются бризовые ветры, которые увеличивают повторяемость ветра восточного направления.

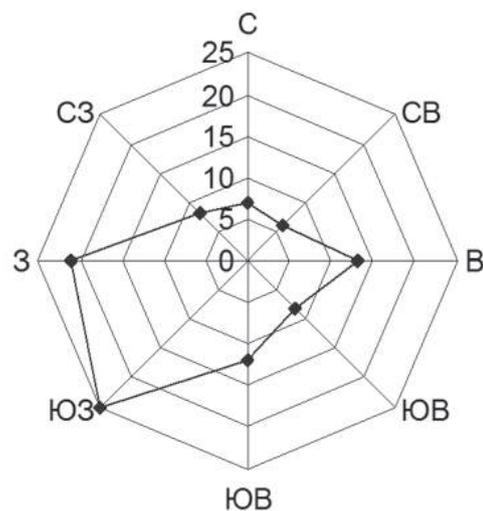


Рис. 2.2. Годовая повторяемость (%) направлений ветра за 1961–1990 гг. в районе г. Петрозаводска

В годовом ходе скорости ветра наибольшие значения наблюдаются в холодную половину года (максимум в ноябре и декабре – 3,8 м/с), наименьшие – в теплую (минимум в июле – 2,8 м/с) (рис. 2.3). Средняя годовая скорость ветра в г. Петрозаводске равна 3,4 м/с. Ветер скоростью 12 м/с и более наблюдается редко, и продолжительность его незначительна. Наибольшая скорость ветра (24 м/с) отмечена в январе 1956 г., максимальный порыв – 30 м/с – 4 февраля 1971 г. Штили в г. Петрозаводске могут наблюдаться во все сезоны года. Повторяемость штилей составляет 10 % (среднее годовое значение).

Вследствие преобладания морских воздушных масс относительная влажность в исследуемом районе высока в течение всего года (70–90 %). Наименьшая относительная влажность отмечается в мае-июне – 65–68 %.

Число дней с влажностью менее 30 % в течение года в среднем равно 11, с влажностью более 80 % – 167. Суточный ход относительной влажности наиболее резко выражен в теплое время (апрель – сентябрь). В это время максимум относительной влажности воздуха наблюдается в 4–5 часов, а минимум – в 14–16, суточная амплитуда составляет 15–30 %. Зимой суточная амплитуда относительной влажности не превышает 1–5 %.

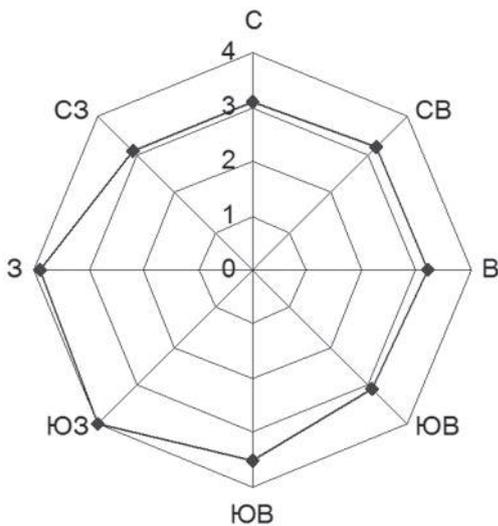


Рис. 2.3. Годовая скорость ветра по направлениям за 1961–1990 гг. в районе г. Петрозаводска

Территория района избыточно увлажнена. За год выпадает около 600 мм атмосферных осадков. Внутри года количество выпадающих осадков распределено неравномерно (рис. 2.4). В теплый период (май – октябрь) их выпадает до 400 мм. Наибольших значений количество выпавших осадков достигает в летние месяцы – июль и август, а также в сентябре.

Частота выпадения осадков характеризуется числом дней с различным количеством осадков. Так, число дней с осадками 0,1 мм и

более в Петрозаводске в среднем равно 192. В годовом ходе наибольшая повторяемость числа дней с осадками 0,1 и более приходится на холодную половину года (с октября по январь), наименьшая – на весенние месяцы (апрель, май). Наибольшая повторяемость числа дней с осадками 5 мм и более и 10 мм и более приходится на теплую половину года (июнь–сентябрь). Число дней с осадками 20 мм и более невелико и составляет в среднем 3 за год. С декабря по февраль дней с осадками 20 мм и более не наблюдается (Климат Петрозаводска, 1982). Жидкие осадки составляют 46 % годового количества, 33 – осадки в твердом виде, 21 % – в смешанном (снег с дождем или мокрым снегом).

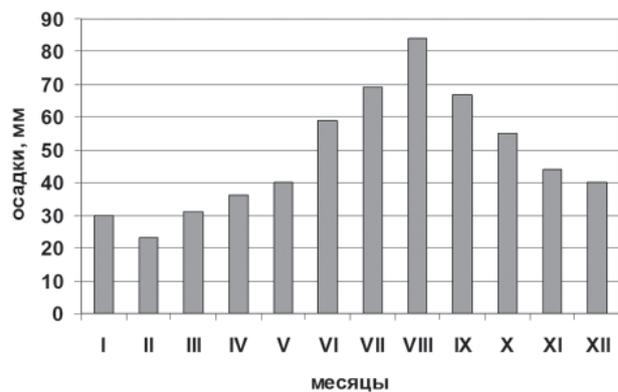


Рис. 2.4. Годовой ход количества выпадающих атмосферных осадков в районе г. Петрозаводска

Изменение глобальных климатических условий в конце XX – начале XXI в. проявилось в изменении температурного режима исследуемой территории. Среднее многолетнее значение январской температуры воздуха повысилось на 1,0 °С, июльской – на 0,3 °С, годовой – на 0,3 °С. Изменения в количестве выпадающих осадков незначительны – чуть более 10 мм.

3. ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На территории г. Петрозаводска существует достаточно развитая гидрографическая сеть (рис. 3.1), относящаяся к бассейну Онежского озера (Балтийского моря).

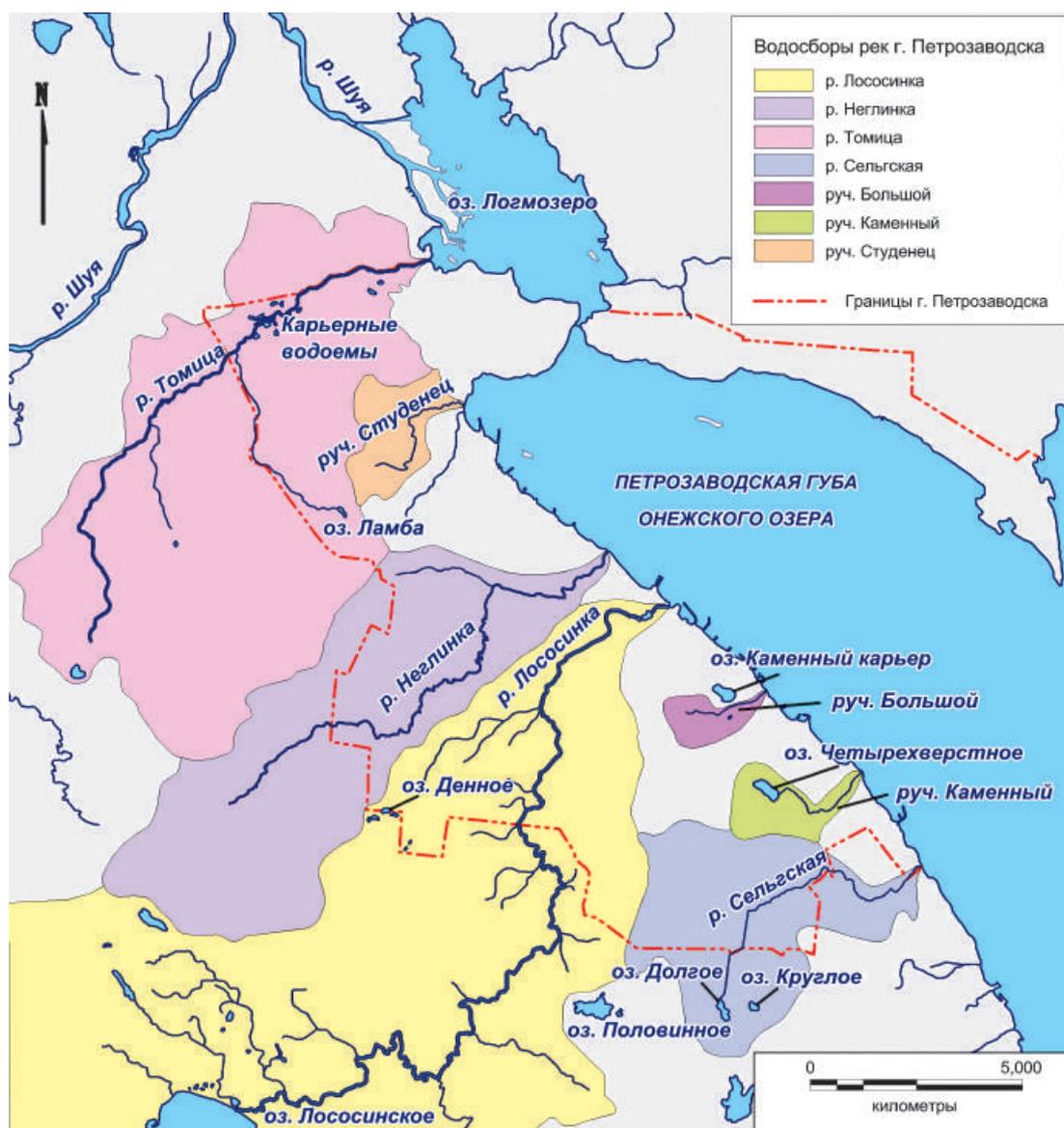


Рис. 3.1. Гидрографическая сеть г. Петрозаводска

Город Петрозаводск расположен на побережье Петрозаводской губы Онежского озера, второго по величине пресноводного водоема Европы, а также на берегу Логмозера, соединенного с губой коротким проливом. Непосредственно на территории города расположен ряд малых водоемов: озера Четырехверстное и Ламба, Каменный карьер и водоемы в бывших карьерах в микрорайоне Кирпичный. Вблизи от городской черты находится группа водоемов – озера Денное, Половинное, Долгое, Круглое, Уварово и др.

Петрозаводская губа, как часть Онежского озера, относится к водоемам тектонического генезиса. При этом следует отметить, что она была подвержена значительному воздействию покровного оледенения, о чем свидетельствует, например, распространение в северной и северо-восточной частях губы таких форм рельефа, как бараньи лбы. Малые водоемы естественного генезиса также связаны своим происхождением с Онежским озером. Располагаясь на озерных террасах, они представляют собой реликтовые водоемы, являющиеся углублениями дна приледникового водоема, существовав-

шего около 15–13 тыс. лет назад на месте Онежского озера и сопредельных равнинах (Демидов, 2006). Также на территории г. Петрозаводска получили распространение водоемы искусственного происхождения – каменные и песчаные карьеры на местах добычи полезных ископаемых.

Через весь г. Петрозаводск протекают реки Лососинка и Неглинка, которые вместе с Онежским озером являются основными водными объектами. Кроме них в городской черте протекают небольшие реки Томица, Сельгская Речка и ручьи Каменный, Студенец и Большой. Все они относятся к категории «малые реки», которыми являются постоянно действующие естественные водотоки длиной от нескольких до 100 км. Это наиболее многочисленный и распространенный вид водных объектов на Земле (Малые реки..., 1998).

Степень изученности городских водных объектов неодинакова, вследствие чего и объем информации, представленный в данном учебном пособии, различен по полноте, что обуславливает необходимость их дальнейшего комплексного изучения.

3.2. ГИДРОНИМЫ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

«Писцовая книга Обонежской пятины 1563 г.»* фиксирует гидронимы территории будущего города Петрозаводска и его окрестностей: «на Логмо-ручью», «на Лососинне озере», «в Ял-губе», которые можно разделить на две группы – русские и субстратные, функционировавшие в одной языковой системе и освоенные другой. Самый древний языковой пласт, нашедший отражение в данной гидронимии, – саамский. Считается, что в X–XI вв. эту часть Прионежья осваивали вепсы: «...в первые века II тыс. обширная область – Олонец, озера Сямозеро и Святозеро на западе, берега рек Шуи и Суны (курсив мой. – Л. К.) на севере и заонежские кижские земли на востоке – являлась охотничье-промысловой зоной древней веси, а с XIII–XIV вв. данная территория Онежско-Ладожского межозерья стала северной окраиной ее же крестьянского освоения»**. Практически параллельно с вепсами рассматриваемую территорию заселяли славяне. На основе языка племени корела, мигрировавшего в Прионежье из Приладожья и Карельского перешейка, и языка древней веси сложился людиковский диалект карельского языка, непосредственного предшественника русского языка в данном регионе. Из-за столь сложной этнической истории края, в силу большого совпадающего пласта лексики прибалтийско-финских (и доприбалтийско-финских) языков определить язык-источник гидронима (карельский, вепский, саамский) очень сложно.

Сначала перечислим рассматриваемые гидронимы, сгруппировав их следующим образом: в первый столбик запишем русские названия, во второй – полукальки (напомним, что в полукальке основной элемент сложного топонима, или детерминант, переводится, а определяемый компонент, или атрибут, сохраняется без перевода) и в третий – гидрони-

мы, имеющие основу прибалтийско-финского или доприбалтийско-финского происхождения, оформленные с помощью русских топонимов (например, Неглинка, Томица) или представляющие собой фонетический вариант слова из языка-источника (например, Ламба, Соломенский пролив):

Четырехверстное	Логмозеро	Неглинка
Каменный карьер	Логморучей	Томица
Каменный ручей	Пиньгуба	Падас
Лососинка	Ялгуба	Нючкина
Святлица		Соломенский пролив
Денное озеро		Сельгская Речка
		Ламба

Название Четырехверстного озера связано с тем, что оно располагалось в четырех верстах от города. Речка Вилда, которая в «Писцовой книге Обонежской пятины 1563 г.» в списке рек, впадающих в Онежское озеро от Торпы до Нигиницы, стоит между речками Нюрой и Лососинницей, ассоциируется с ручьем Студенец, поскольку его предполагаемое предыдущее название – *Вилда* – происходит от вепсского ‚vild’ogij’ – ‚студеная вода’. Русские гидронимы *Лососинка*, *Святлица*, *Денное озеро* являются переводами, скорее всего, с карельского языка. На фоне многочисленных в Карелии гидронимов с основой свят-/rühä название реки Святлица воспринимается как перевод карельского ‚rühä’ + русский «речной» суффикс -ица. Как и в случае с потамонимом Святлица, карельское Päivi/järvi, по-видимому, было переведено на русский язык как Денное озеро.

Полукальки, по мнению лингвистов, возникают, как правило, в результате двуязычия (см., например, Муллонен, 1995, с. 14), т. е. в нашем случае они могут свидетельствовать о том, что местное прибалтийско-финское население в зоне славянской колонизации овладевало русским языком. Полукальки *Логмозеро*, *Пиньгуба* и др. говорят о включении в систему русского языка более древних топооснов.

Логмозеро – от вепсского и карельского ‚lohi’ – ‚лосось’. Косяки лосося шли через Логмозеро в р. Шую на нерест, и это заметное явление стало главной характеристикой при наименовании водоема. Такая этимология слова

* Писцовые книги Обонежской пятины 1496 и 1563 гг. / Материалы по истории народов СССР под общ. ред. М. Н. Покровского. Вып. 1: Материалы по истории Карельской АССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1930.

** Жуков А. Ю. Самоуправление в политике России: Карелия в XII – начале XVII в. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 169.

«Логмозеро» позволяет предположить существование несохранившегося нерусского названия р. Лососинки. Правда, в литературе встречаются и другие версии происхождения названия озера: 1) от карельского ,lodma' – низина, долина, ложбина; ,низкое место между гор, возвышенностями' (Мамонтова, Муллонен, 1991, с. 55); следовательно, Логмозеро – озеро, расположенное в низине; 2) от саамского «ложма» или «лужма» – ,озеровидное расширение в истоке или в низовьях реки'; действительно в Логмозеро впадает крупная р. Шуя.

В «Писцовой книге Обонежской пятины 1563 г.» современная Неглинка называется Нигиницей. В топонимике довольно широко распространена версия о происхождении этого названия от карельского ,n'iekka' – ,иголка'. Топонимы с основой ,негл-' встречаются довольно часто на территории Европейского Севера России. По мнению исследователей, они имеют различное происхождение, но безусловно прибалтийско-финское. Поэтому и в случае с нашей Неглинкой разумнее всего признать значение топоосновы ,негл-' неясным.

Названия всех рек, впадающих в Логмозеро, как минимум прибалтийско-финского происхождения. Потамоним *Томица* содержит в себе основу из карельского языка ,tuomi' или из вепсского ,tom' – ,черемуха' (Мамонтова, Муллонен, 1991, с. 96).

Название р. *Шуя*, одной из крупнейших рек Карелии, берущей начало из оз. Суоярви и впадающей в Логмозеро, происходит от прибалтийско-финского ,suo' – ,болото', чрезвычайно широко распространенного в топонимии Карелии. Вода в реке «болотного» цвета, может быть, поэтому она и получила название «болотной реки». Впрочем, это далеко не единственный вариант этимологии данного потамонима. Существующие версии его происхождения изложены в книге Г. М. Керта и Н. Н. Мамонтовой (1976, с. 99–102).

Неоднозначна и этимология гидронима *Падас*. Наиболее правдоподобно связать его с вепсским ,rado' – ,закол для ловли рыбы в реке, запруда' (Муллонен, 1988, с. 110), поскольку рыболовство всегда было одним из основных видов хозяйственной деятельности здешнего населения. Однако топонимный формант -ас указывает на саамское происхождение гидронима: возможно, от основы «поанн» – ,мелкое озеро' (ср. Падозеро).

«Дер. Заозерье словет Матфеевская: Кирилка Перхин... сенное у них угодьё на Нючкине реки» – судя по «Писцовой книге Обонежской пятины 1563 г.» можно предположить славянское происхождение потамонима *Нючкина*. Но если поставить его в один ряд с аналогичными названиями:

«на реце на Нючки», «на Нючке ж реке», зафиксированными в той же «Писцовой книге...» при описании Спасского погоста «на Выгоозере у моря», то следует признать его образование от саамского слова ,njuhtsh' – ,лебедь'. Присутствие лебедя вполне могло послужить важной характеристикой при наименовании водотока, поскольку даже в печатном источнике конца XIX в. при описании интересующей нас территории встречается топоним *Лебязья гора*: «На северо-запад от Ялгубских селений подымается довольно высокая Лебязья гора. Она имеет вид холма с плоскою вершиной, который крут к юго-востоку, югу и западу и отлог к северу... Лебязья гора настолько возвышается, что с нее виден Климецкий монастырь, часть Петрозаводского залива, за которым открываются возвышенности, идущие несколькими рядами, и за ними Машезерская группа гор»*.

Озеро Логмозеро соединяется с Онежским озером Соломенским проливом. Название происходит от карельского слова ,salmi' (пролив), оформленного с помощью русского полногласия -оло-. Кстати, Петрозаводская губа Онежского озера в древности называлась Соломенским озером: «на Соломяне озере», «озеро Соломя-лахта из Онега озера» («Писцовая книга...»). Если *Соломенский/Соломенный* представляет собой «фонетическое искажение» карельского ,salmi', то название оз. Ламба в окрестностях Петрозаводска практически не содержит изменений по сравнению с карельским ,lambi' – ,небольшое лесное, обычно непроточное, озеро'. В том и другом случае наблюдается процесс онимизации – имя нарицательное становится именем собственным. Что касается потамонима *Сельгская Речка*, то его атрибутивная часть происходит от карельского ,šelkä' или вепсского ,selg' – ,кряж, возвышенность, холм, гора' (Мамонтова, Муллонен, 1991, с. 86).

Первые поселения на территории г. Петрозаводска и его окрестностей относятся к мезолиту. Тогда люди разговаривали, вероятно, на индоевропейском языке. Более или менее реально реконструировать саамский пласт в топонимии данной территории. Из небольшого круга рассматриваемых гидронимов как минимум три – Логмозеро, Падас, Нючкина – могут происходить из саамского языка. Наибольшее влияние на формирование гидронимии петрозаводской округи оказали прибалтийско-финские языки. Названия, пришедшие в русский язык из вепсского и карельского языков, переводились, подвергались фонетической и семантической трансформации, но неславянская языковая основа гидронимии рассматриваемой территории очевидна.

* Иванов А. Окрестности г. Петрозаводска // Олонекские губернские ведомости. 1884. № 61. С. 600–601.

3.3. ВОДОЕМЫ. МОРФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Онежское озеро – один из крупнейших водоемов нашей страны и второй по площади пресноводный водоем Европы. Оно и его приток Водла – Илекса является верхним звеном самой большой европейской озерно-речной системы Невы.

До середины 50-х гг. XX в. гидрологический режим озера был естественным. Площадь водосбора составляла 53 100 км², площадь зеркала озера – 9720 км². После строительства в 1953 г. Верхне-Свирской ГЭС озеро стало водохранилищем (Верхне-Свирским) с водосборной площадью 57 300 км² и площадью зеркала 9840 км². Объем водной массы составляет 295 км³ (Государственный водный кадастр, 1986). Уровень водоема вырос в среднем примерно на 30 см по сравнению с естественным.

Около 70 % территории бассейна относится к Республике Карелия, остальная часть расположена в Ленинградской, Вологодской и Архангельской областях.

Притоками Онежского озера являются 1152 реки, из которых лишь 52 имеют длину более 10 км (Швец, 1977). Более половины бассейна занято водосборами трех главных его притоков: рек Шуи (площадь водосбора 10,1 тыс. км²), Суны (7,7 тыс. км²), Водлы (13,7 тыс. км²). Вытекает из озера лишь одна река – Свирь, являющаяся крупнейшим притоком Ладожского озера.

Большую часть водоемов на водосборе Онежского озера (9144, или 96 %) составляют озера площадью менее 1 км², однако по суммарной площади акваторий их доля не превышает 5 % (671,7 км²) (Швец, 1977).

Современное озеро – это сочетание древних тектонических образований протерозойского возраста с деятельностью материковых ледников, особенно последнего из них – Валдайского (70–10 тыс. лет). Котловина водоема тектоническая, расположена в глубокой тектонической депрессии на границе Балтийского кристаллического щита и палеозойских осадочных пород Русской плиты. Она вытянута с северо-запада на юго-восток на 248 км, имеет наибольшую ширину 96 км (Государственный водный кадастр, 1986). Вследствие своего рас-

положения на стыке двух геологических структур озерная котловина имеет очень сложное строение и достаточно четко разделяется на две области. Для северной и центральной частей, относящихся к Балтийскому щиту, характерен контрастный рельеф дна: глубокие впадины (90–100 и до 120 м) сочетаются с грядами возвышенностями, глубина над которыми 1,0–1,5 м. Берега большей частью обрывистые, сложенные кристаллическими породами (граниты, гнейсы и т. п.). Береговая линия сильно изрезана, наблюдаются многочисленные узкие заливы (Повенецкий, Заонежский) и губы (Лижемская, Уницкая, Петрозаводская, Кондопожская и др.). Все формы рельефа ориентированы с северо-северо-запада на юго-юго-восток – по направлению движения ледника. Отличительной чертой северной части является и большое количество островов (особенно в Кижских шхерах, Повенецком заливе) общей численностью около 1500 и площадью примерно 250 км². Наиболее крупные острова – Большой Климецкий, Большой Леликовский, Суйсарь.

В южной половине рельеф дна ровный, глубины не превышают 50 м. Берега здесь преимущественно низкие, с плавной, слабо расчлененной береговой линией, сложены песками, реже глинами, часто заболоченные. Островов мало (рис. 3.2).

Петрозаводская губа представляет собой углубленный в сушу более чем на 19 км северо-западный залив Онежского озера площадью почти 125 км². Губа сообщается с Онежским озером с юго-восточной стороны. Границей, отделяющей залив от открытого озера, служит условная линия о. Ивановский – подводный порог «Дедова луда» – м. Корсолма (рис. 3.3).

Петрозаводская губа имеет сравнительно слабую горизонтальную и вертикальную расчлененность (табл. 3.1). Форма ее лопастная, вытянутая с северо-запада на юго-восток, очертания береговой линии плавные, морфологически обособленных участков почти нет. В пределах акватории губы расположены два небольших острова – Неглинный (Калинина) и Лойостров – общей площадью около 0,06 км².

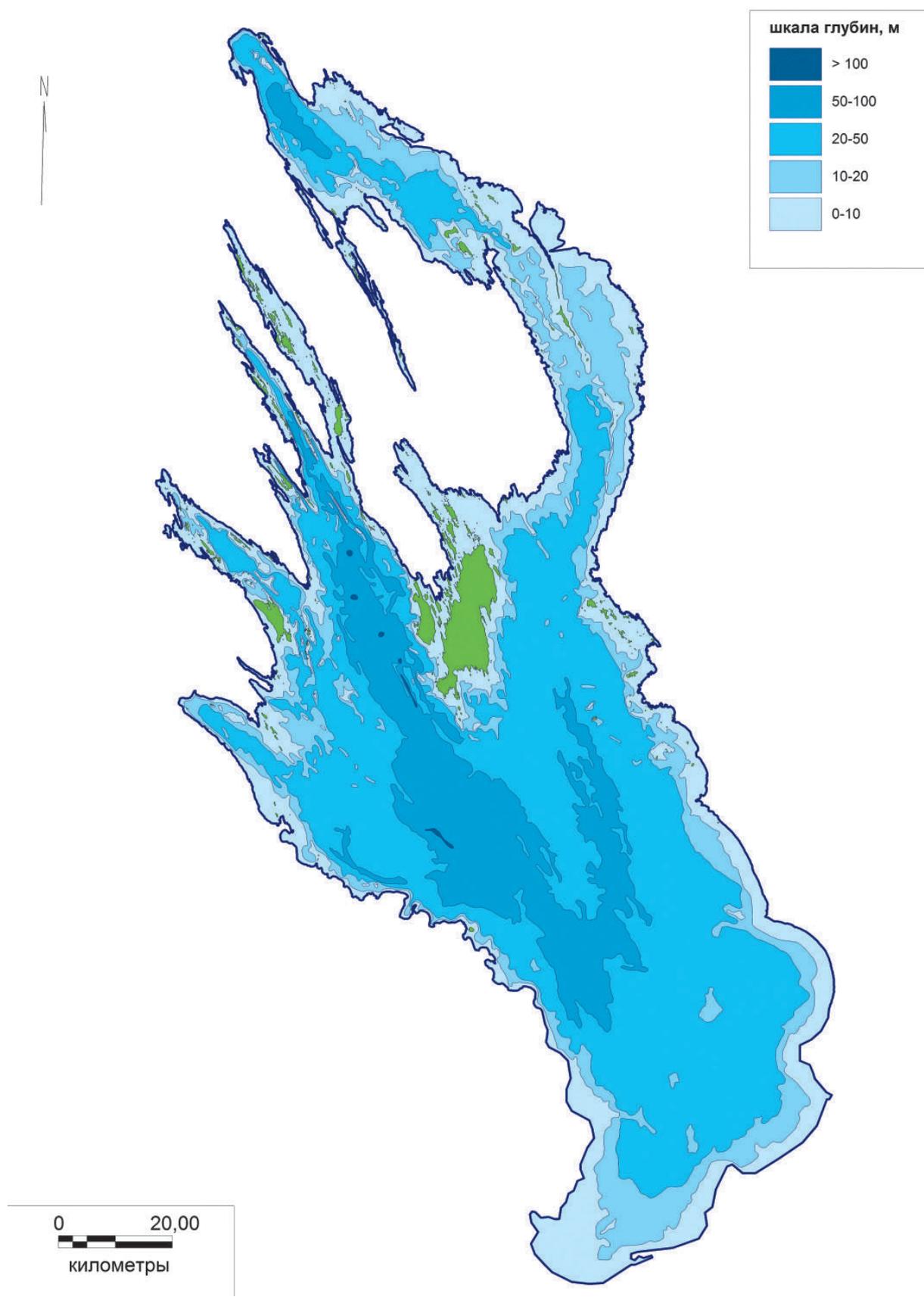


Рис. 3.2. Батиметрическая карта Онежского озера*

* Карта подготовлена М. С. Богдановой.

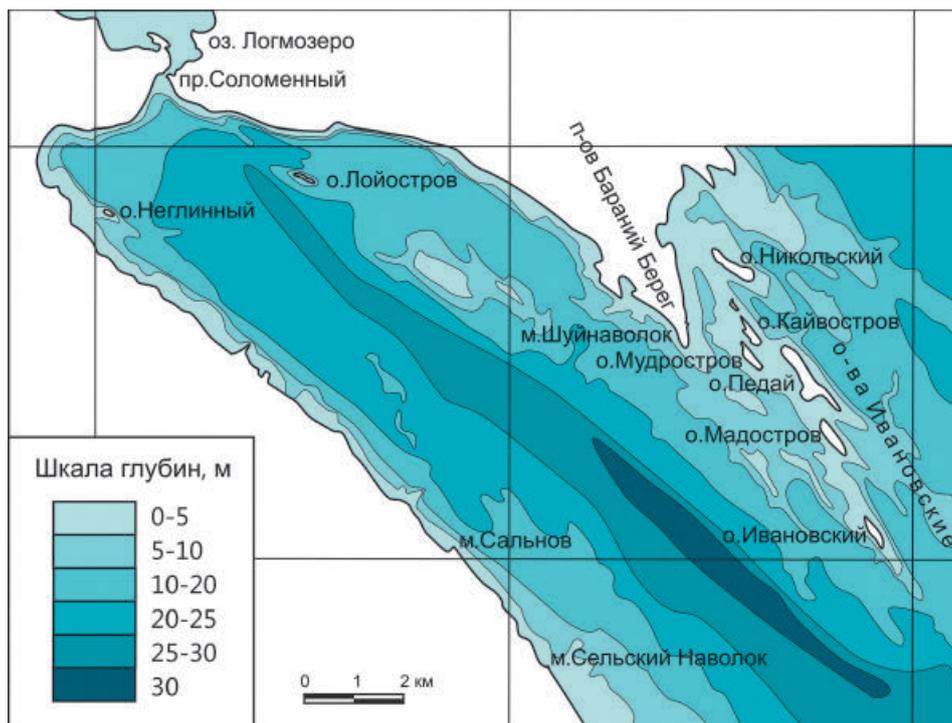


Рис. 3.3. Батиметрическая карта Петрозаводской губы Онежского озера*

Рельеф дна также характеризуется сравнительно плавными очертаниями. В общем распределении глубин выделяется только северо-восточная часть, где рельеф более расчленен – нарастание глубин до 15–20 м в 0,5 км от берега и резкое уменьшение почти до 1,0 м в 1,0 км от берега (подводная банка «Зимник»). Юго-западный (городской) берег более отлогий, середина губы плоская. Наибольшие глубины (более 30 м) преобладают в юго-восточной части губы, близкой к открытому озеру (Литинская, 1965).

Таблица 3.1. Основные морфометрические и гидрологические характеристики Петрозаводской губы Онежского озера**

Высота над уровнем моря, м		33,0
Площадь зеркала, км ²		123
Длина береговой линии, км		38,3
Объем водной массы, км ³		2,25
Длина, км		19,0
Ширина, км	средняя	6,5
	наибольшая	7,0
Глубина, м	средняя	18,3
	наибольшая	35,0
Площадь водосбора, км ²		10 750
Удельный водосбор		87,4
Объем притока водных масс, км ³		3,53
Условный водообмен, год ⁻¹		1,57

* Карта подготовлена М. С. Богдановой.

** Морфометрические характеристики даны по И. В. Молчанову (1946), гидрологические характеристики – по К. Д. Литинской (1965), показатели удельного водосбора и условного водообмена рассчитаны на их основе.

В юго-западной части в Петрозаводскую губу через оз. Логмозеро впадает р. Шуя – крупнейший ее приток (объем стока 3,4 км³/год). Среди второстепенных притоков следует назвать реки Лососинку и Неглинку, в нижнем своем течении проходящие по территории г. Петрозаводска. Следует отметить, что Петрозаводская губа имеет важное водохозяйственное значение, являясь одновременно источником хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения г. Петрозаводска и приемником его сточных промышленно-бытовых и ливневых вод города.

Озеро Логмозеро. Расположено на севере г. Петрозаводска. К его побережью выходит микрорайон Соломенное. Характеризуется как относительно большой (площадь более 16 км²) и мелководный (глубины до 3 м) водоем. С запада в озеро впадает р. Шуя, образуя дельту площадью около 3,5 км² с тремя основными рукавами и двумя крупными островами, десятком малых островков и проток. Также в озеро впадают реки Томица, Падас, Нючкина, Логморучей и др. Большой приток речных вод определяет интенсивную смену вод в озере (коэффициент условного водообмена около 140); малая глубина обусловлена отложением большого количества терригенного материала, приносимого р. Шуйей. Основные характеристики водоема приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Основные морфометрические и гидрологические характеристики оз. Логмозеро

Высота над уровнем моря, м		33,4
Площадь озера общая, км ²		16,7
Площадь зеркала, км ²		16,1
Длина береговой линии, км		29,7
Объем, км ³		0,0210
Длина, км		8,2
Ширина, км	средняя	2,0
	наибольшая	3,2
Глубина, м	средняя	1,3
	наибольшая	3,0
Площадь водосбора, км ²		10 240
Удельный водосбор		636
Объем притока водных масс, км ³		3,4
Условный водообмен, год ⁻¹		162

Таблица 3.3. Основные морфометрические и гидрологические характеристики малых озер г. Петрозаводска (Потахин, 2011)

Характеристики	Четырехверстное	Ламба	Каменный карьер
Высота над уровнем моря, м	102,2	(85)	54,5
Площадь зеркала, км ² (га)	0,118 (11,8)	0,0140 (1,4)	0,136 (13,6)
Длина береговой линии, км	1,5	0,58	2,0
Объем, км ³ (10 ⁶ м ³)	0,000373 (0,373)	0,000047 (0,047)	0,000912 (0,912)
Длина, км	0,6	0,24	0,58
Ширина, км	средняя	0,20	0,23
	наибольшая	0,23	0,34
Глубина, м	средняя	3,2	6,7
	наибольшая	4,6	13,0
Площадь водосбора, км ²	4,3	0,77	–
Удельный водосбор	36,4	55	–
Объем притока водных масс, 10 ⁶ м ³	1,52	0,266	–
Условный водообмен, год ⁻¹	4,1	5,7	–

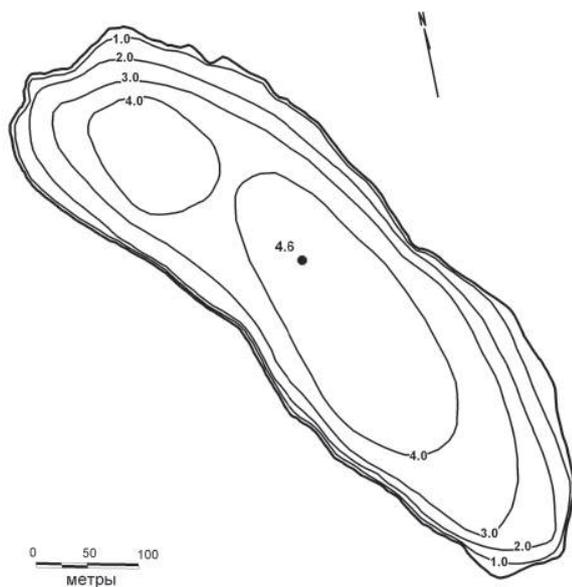


Рис. 3.4. Схема глубин озера Четырехверстного

Озеро Четырехверстное расположено в южной части города, в микрорайоне Ключевая.

Площадь водоема 11,8 га, основные морфометрические характеристики представлены в табл. 3.3.

Котловина имеет простое строение, с глубокими участками в северной и центральной частях озера (рис. 3.4). Наличие в донных отложениях ленточных глин (Лаврова, 2006) и расположение его не выше 125 м над уровнем моря свидетельствуют о том, что водоем некогда являлся частью Онежского приледникового озера и относится к реликтовым водоемам. В озеро впадает ручей без названия, вытекает руч. Каменный, впадающий в Петрозаводскую губу Онежского озера.

Озеро Ламба расположено в северной части города, в микрорайоне Сулажгора.

Озеро небольшого размера (1,4 га), основные морфометрические характеристики представлены в табл. 3.3. Котловина имеет простое строение (рис. 3.5). Берега водоема низкие, заболоченные, со сплавидами. Из озера вытекает ручей, являющийся притоком р. Томицы, впадающей в Логмозеро.

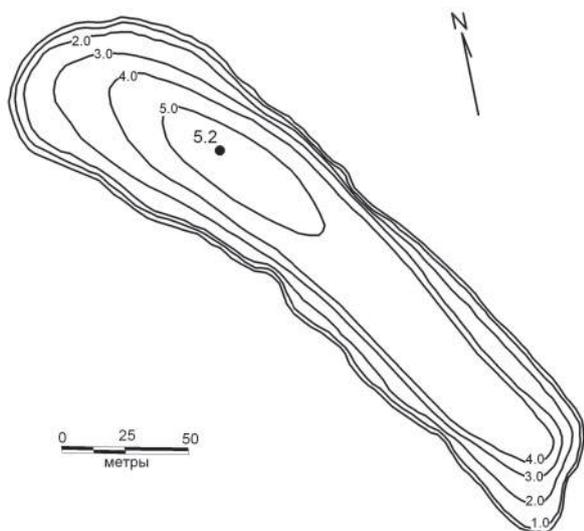


Рис. 3.5. Схема глубин озера Ламба

Каменный карьер – антропогенный водоем в южной части города, расположен между микрорайонами Зарека, Кукковка и Ключевая.

Образовался на месте горной выработки месторождения кварцито-песчаников «Каменный бор» в результате затопления карьера после прекращения работ в 1980 г. (Старцев, Коваленко, 1989). Площадь водоема 13,6 га, основные морфометрические характеристики представлены в табл. 3.3. Котловина водоема имеет слож-

ное строение и состоит из двух плесов (рис. 3.6). Северо-западный плес имеет меньшие размеры и большие глубины (до 13 м), юго-восточный плес – большие размеры и меньшие глубины (до 7 м). Участки водоема разделены поднятием дна, где при низком уровне воды породы выступают в виде узкого островка и отдельных глыб. Берега высокие и обрывистые, за исключением пологого юго-западного берега. Поверхностный сток из водоема отсутствует.

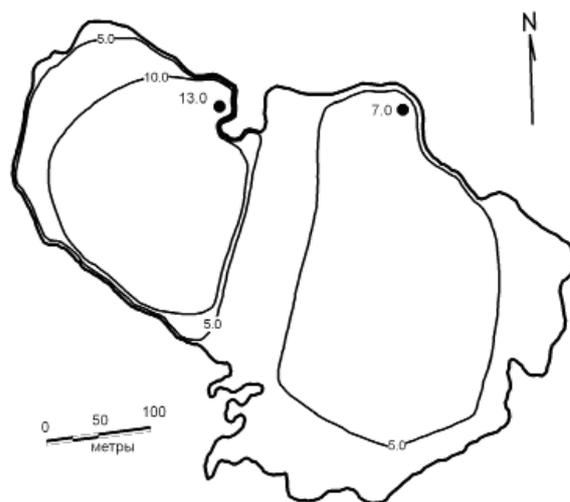


Рис. 3.6. Схема глубин Каменного карьера



Озеро Четырехверстное (фото С. Ф. Комулайнена)



Озеро Ламба (фото С. Ф. Комулайнена)



Каменный карьер (фото С. Ф. Комулайнена)

3.4. ВОДОТОКИ. ИСТОРИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

3.4.1. Визуальная оценка состояния малых рек

При планировании и практическом выполнении экологических исследований водных объектов неизбежно встает вопрос о выборе метода исследований. Школьные экологические коллективы, как правило, не имеют в своем распоряжении сложной измерительной техники, простых, понятных и доступных методик объективной оценки качества природных водных объектов. Чаще всего именно по этим причинам не реализуются многие интересные экологические проекты по изучению рек и озер. Однако эти трудности преодолимы, если используются простые способы оценки состояния водотока (небольшой реки, ручья), основанные на качественной оценке основных характеристик русла, прибрежной зоны, степени их хозяйственного использования (Охрана водосборов..., 2001; Калинкина, 2003).

Одним из таких методов, широко используемых волонтерами-экологами США, является способ визуальной оценки состояния водотоков (Охрана водосборов..., 2001). Процедура обследования заключается в следующем:

- выбирается объект исследования (ручей, неширокая река), составляется общая его характеристика (название, куда впадает, по возможности, используя доступные топографические карты, определяется длина реки, площадь водосбора, общий уклон и др.);

- выбирается участок реки для обследования (ориентировочно длиной не более $50 \times B$, где B – средняя ширина русла, м);

- оцениваются в баллах основные характеристики состояния водотока и прилегающей территории; для уточнения отдельных характеристик (периодичность затопления поймы, использование воды, источники загрязнения) производится опрос местных жителей;

- результаты оценки заносятся в специальный бланк, где изображается также план обследованного участка, указываются погодные условия на дату обследования;

- если есть возможность, дополнительно выполняются измерения температуры и скорости течения воды, pH, содержания растворенного кислорода и др., точки измерений и отбора проб указываются на плане;

- рассчитывается средний балл, по которому определяется состояние водотока (отличное, хорошее, удовлетворительное, плохое);

- анализируются результаты обследования, принимаются рекомендации по улучшению состояния водотока, если последнее признано неудовлетворительным.

Всего в рассматриваемой методике оценивается 10 основных и 5 дополнительных характеристик состояния водотока. Образец бланка визуальной оценки (лицевая и обратная сторона) показан на рис. 3.7.

Оценка состояния водотока в баллах по основным характеристикам производится по приведенным ниже табл. 3.4–3.13.

Таблица 3.4. Состояние русла

	Балл
Русло в естественном состоянии, отсутствуют плотины (дамбы), искусственные углубления или спрямления русла	10
Искусственные изменения русла производились в прошлом, однако к настоящему времени русло и берега восстановились до естественного состояния	7
Русло искусственно изменено, на протяжении < 50 % длины участка русло канализировано или берега укреплены; плотина (дамба) ограничивает ширину русла	3
Канал искусственно расширен (сужен), >50 % длины участка канализировано или берега укреплены; плотина (дамба) предотвращает затопление поймы	1

Таблица 3.5. Гидрологический режим

	Балл
Выход воды на пойму происходит один раз в 1–2 года или чаще; или нет искусственных препятствий (дамбы, регулирование стока гидротехническими сооружениями) для недопущения выхода воды на пойму; или изъятия воды из русла (водозаборы, насосные сооружения) не производятся	10

Выход воды на пойму происходит один раз в 3–5 лет; или изъятия воды из русла имеют место, но не оказывают заметного влияния на уменьшение глубины и ширины водотока	7
Выход воды на пойму происходит один раз в 6–10 лет; или изъятия воды приводят к заметному уменьшению глубины и ширины водотока	3
Выход воды на пойму не происходит; или изъятия воды приводят к значительным изменениям глубины (ширины) потока	1

Таблица 3.6. Береговая зона

	Балл
Естественная растительность занимает полосу на каждом берегу шириной $>2 \times B$, где B – средняя ширина русла, м	10
То же, но шириной, примерно равной B	8
То же, но шириной, примерно равной половине B	5
То же, но шириной, примерно равной одной трети B	3
То же, но шириной, менее одной трети B	1

Таблица 3.7. Устойчивость берегов

	Балл
Берега устойчивые, невысокие, пологие; более трети береговой линии по каждому берегу защищены от эрозии растительностью, корнями деревьев	10
Берега умеренно устойчивые, чаще невысокие, пологие; менее трети береговой линии защищены от эрозии	7
Берега умеренно неустойчивые, чаще высокие, крутые; имеются отдельные участки с заметным размывом берегов (особенно в излучинах); падение деревьев в русло вследствие эрозии берегов происходит крайне редко	3
Берега неустойчивые, чаще высокие, крутые; по всей длине береговой линии наблюдается размыв берегов, и вследствие этого много упавших в русло деревьев	1

Таблица 3.8. Прозрачность воды

	Балл
Вода прозрачная или цвета очень слабого чая; объекты различаются на глубине более 90 см; маслянистых пленок на поверхности воды и донных отложениях нет	10
Вода слегка мутная, особенно после предшествующего сильного ветра, но быстро восстанавливает первоначальную прозрачность; может иметь слабый зеленоватый цвет; объекты различаются на глубине 45–90 см; маслянистых пленок на поверхности воды и донных отложениях нет	7
Вода мутная, присутствует слабый запах аммиака или тухлых яиц; объекты различаются на глубине 15–45 см; может иметь зеленый цвет; донные отложения покрыты зеленым налетом	3
Очень мутная вода; объекты различаются на глубине менее 15 см; на поверхности воды – плавающие сгустки водорослей, пена, нефтяная пленка; заметно присутствие искусственных загрязнителей; сильный запах химических реактивов, нефтепродуктов, других загрязнителей	1

Таблица 3.9. Обогащение биогенными веществами

	Балл
Вода прозрачная; водная растительность не обильна, присутствует небольшое количество нескольких видов макрофитов и водорослей	10

Вода умеренно прозрачная или слегка зеленоватая; присутствует умеренное количество различных видов макрофитов и водорослей	7
Вода имеет зеленоватый цвет; обильная высшая водная растительность и большое количество водорослей, особенно в теплый сезон года	3
Вода имеет насыщенный зеленый, коричневый или серый цвет; плотный ковер водной растительности покрывает водную поверхность, сплошной слой водорослей покрывает дно потока	1

Таблица 3.10. Преграды для движения рыб

	Балл
Препятствий для движения рыб нет	10
В отдельные периоды года (зимняя, летняя межень) движение рыб на участке затруднено вследствие падения уровня воды и уменьшения глубины, замерзания, пересыхания	8
Дамбы, пересекающие реку трубопроводы или не выходящие на поверхность воды подводные поперечные гряды, глубина в отдельных створах участка не превышает 30 см	5
То же, на протяжении более половины обследуемого участка	3
То же, в пределах всего обследуемого участка	1

Таблица 3.11. Укрытия для рыб

	Балл
Выявлено более 7 различных типов укрытий	10
Выявлено 6–7 различных типов укрытий	8
Выявлено 4–5 различных типов укрытий	5
Выявлено более 2–3 различных типов укрытий	3
Укрытий нет или только один тип укрытий	1

Примечание. Типы укрытий – затопленные стволы деревьев (крупные сучья, бревна); глубокие омуты, заводи; крупные валуны, скопления булыжников в русле; подводные прорезы/канавы; нависающие берега; заглубленные под уровень воды корни прибрежных деревьев/кустарников; заросли водной растительности и другие типы.

Таблица 3.12. Заводы, омуты

	Балл
Многочисленные омуты/заводы в пределах всего участка; из-за больших глубин более 30 % площади дна в них не просматривается, затенено; или омуты имеют глубину более 1,5 м	10
Омуты/заводы немногочисленны; от 10 до 30 % их дна не просматривается из-за большой глубины; или глубины в них составляют 1,0–1,5 м	7
Один-два неглубоких омута; менее 10 % дна не просматривается; или глубина в них менее 1 м	3
Омутов/заводей нет; или дно хорошо просматривается в пределах всего участка	1

Таблица 3.13. Места обитания беспозвоночных организмов

	Балл
Обнаружено более 5 различных типов местообитаний	10
То же, но 3–4 типа	7
То же, но 1–2 типа	3
Один тип местообитания или отсутствие местообитаний	1

Примечание. Типы местообитаний – затопленные деревья, бревна; скопления обломков древесной растительности, листьев на дне; нависшие берега; валуны/булыжники/галька; другие типы.

- | | |
|---|---|
| <p>8 СОСТОЯНИЕ РУСЛА</p> <p>10 ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ</p> <p>1 БЕРЕГОВАЯ ЗОНА</p> <p>5 УСТОЙЧИВОСТЬ БЕРЕГОВ</p> <p>3 ПРОЗРАЧНОСТЬ ВОДЫ</p> <p>7 ОБОГЩЕНИЕ БИОГЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ</p> <p>10 ПРЕГРАДЫ ДЛЯ ДВИЖЕНИЯ РЫБ</p> <p>3 УКРЫТИЯ ДЛЯ РЫБ</p> | <p>3 ПЛЕСЫ</p> <p>7 МЕСТА ОБИТАНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ</p> |
|---|---|

ЕСЛИ ВОЗМОЖНО, ОЦЕНИТЕ:

<input type="checkbox"/>	СОМКНУТОСТЬ ПОЛОГА
<input type="checkbox"/>	ОРГАНИКА НА БЕРЕГАХ
<input type="checkbox"/>	СОЛЕННОСТЬ
<input type="checkbox"/> 5	ЗАГЛУБЛЕНИЕ ПЕРЕКАТОВ
<input type="checkbox"/>	ОБНАРУЖЕННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ

<u>ОБЩИЙ РЕЗУЛЬТАТ</u>	<u>СОСТОЯНИЕ УЧАСТКА</u>
(СУММА БАЛЛОВ, ДЕЛЕННАЯ НА КОЛИЧЕСТВО ПОКАЗАТЕЛЕЙ) $62/11 = 5,6$	<p>< 6,0 НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЕ</p> <p>6,1-7,4 УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЕ</p> <p>7,5-8,9 ХОРОШЕЕ</p> <p>> 9,0 ОТЛИЧНОЕ</p>

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА

ЕСТЕСТВЕННАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЗАНИМАЕТ НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ УЧАСТКИ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

ВОДА В РУЧЬЕ МУТНАЯ, ПРОЗРАЧНОСТЬ НЕ БОЛЕЕ 4 СМ, ЗЕЛЕНОВАТЫЙ НАЛЕТ НА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

НЕОБХОДИМО ИСКЛЮЧИТЬ ПОПАДАНИЕ С ДОЖДЕВЫМИ ВОДАМИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С ПАШНИ В РУЧЕЙ

Рис. 3.7. Визуальная оценка состояния водотока (лицевая и обратная сторона бланка)

ПРОТОКОЛ ВИЗУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ВОДОТОКА

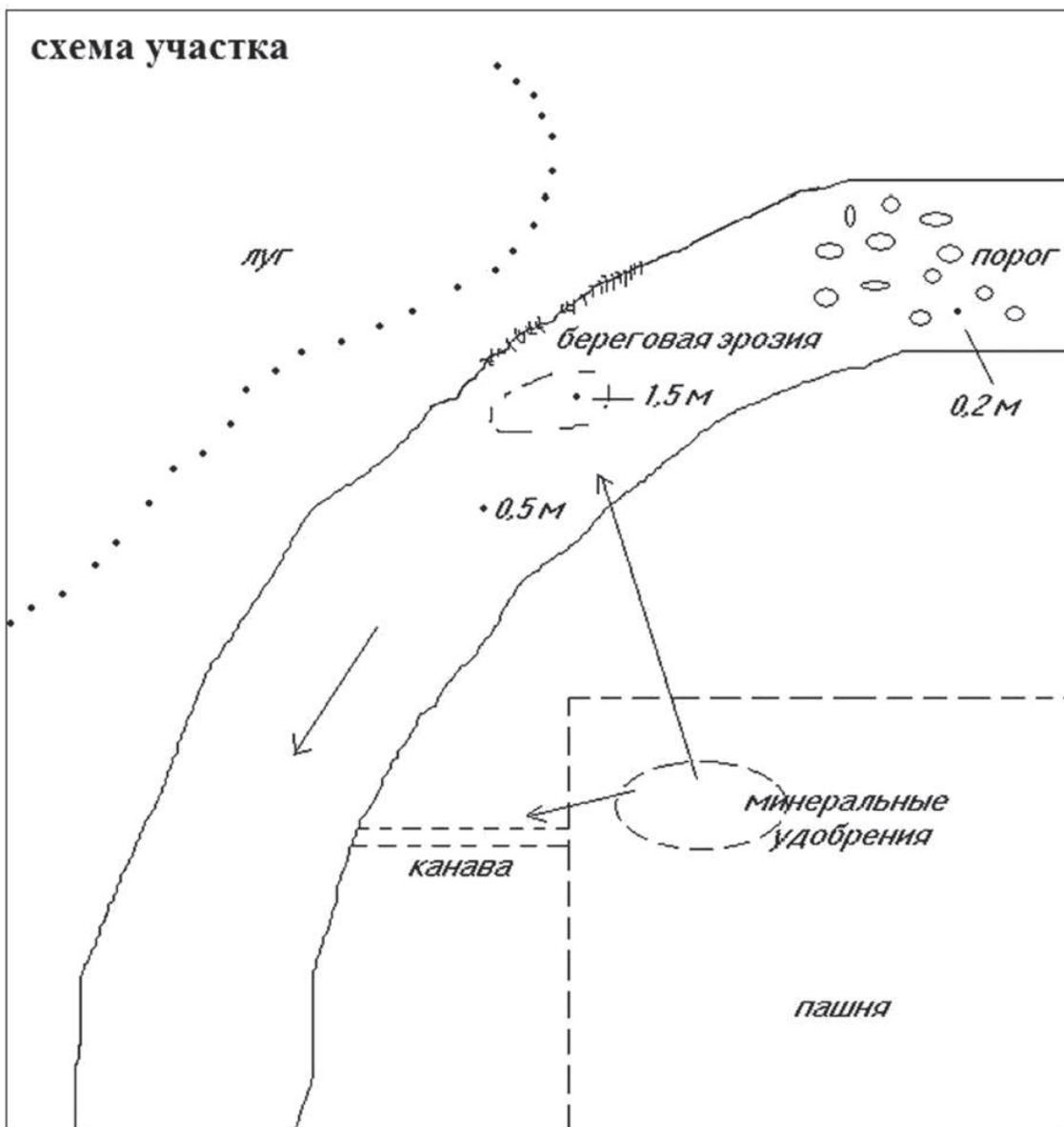
ОБСЛЕДОВАНИЕ ВЫПОЛНИЛИ: *Иванова О., Петров С., Сидоров В.*
ДАТА: 12.06.2003

НАЗВАНИЕ РЕКИ (РУЧЬЯ) *руч. Лесной* ВПАДАЕТ В *р. Водла* —> *Онежское озеро*

ПЛОЩАДЬ ВОДОСБОРА 15 км² ДЛИНА РЕКИ 13 км УКЛОН 3 м/км

РАСПОЛОЖЕНИЕ УЧАСТКА ОБСЛЕДОВАНИЯ 3 км от устья ручья, в 1,5 км выше
автодорожного моста, длина обследованного участка 50 м

ШИРИНА РУСЛА 8-12 м УСЛОВИЯ ПОГОДЫ: НА ДАТУ И ВРЕМЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ
ясно, слабый ветер, температура воздуха +18 °С В ПРЕДЫДУЩИЕ 3-5 ДНЕЙ ясно,
10.06.2003 пасмурно, дождь



Окончание рис. 3.7

Дополнительные критерии учитывают: а) сомкнутость полога над водной поверхностью; б) наличие органики в местах выпаса домашних животных в прибрежной зоне; в) соленость воды в водотоке; г) степень заглупления в дно реки на перекатах крупных валунов; д) разнообразие бентосных организмов, отловленных в различных частях обследованного участка. Как показывает опыт применения методики визуальной оценки, на начальном этапе ее практического освоения вполне достаточно оценивать состояние водотока по 10 основным критериям, а после приобретения достаточных навыков перехо-

дить к использованию дополнительных критериев (Stream Visual..., 1998).

Безусловно, определение балла состояния водотока по каждому показателю имеет определенную субъективность и ограниченность из-за большого разнообразия режима, морфометрии, гидрохимических и гидробиологических характеристик малых водотоков. Данные приведенных выше таблиц в этом смысле являются ориентировочными, вполне допускается присвоение не только указанных, но и промежуточных баллов по каждой оцениваемой характеристике, не выходя, однако, за пределы их крайних значений.

3.4.2. Гидрографическая и гидрологическая характеристика водотоков

Река Лососинка. Вытекает из оз. Лососинского с площадью зеркала 8,1 км², расположенного в 17 км от г. Петрозаводска (рис. 3.8).

Длина р. Лососинки – 25 км, в том числе по городу 3 км. Площадь водосбора – 302 км². В р. Лососинку впадает 18 ручьев дли-

ной менее 10 км. Самый большой приток – р. Машозерка, вытекающая из оз. Машезера (Ресурсы поверхностных вод..., 1965). Густота речной сети – 0,48 км/км², озерность, заболоченность и лесистость водосбора составляют 7, 9 и 82 % соответственно.



Рис. 3.8. Река Лососинка (фото М. Т. Сярки)

Бассейн расположен на западном побережье Онежского озера, на востоке северной окраины Олонецкой возвышенности, которая несколькими уступами опускается к Онежскому озеру.

Рельеф среднехолмистый с относительными высотами холмов и гряд 15–40 м. В нижнем течении реки отчетливо выражены древние террасы озерной котловины. Наибольшие абсолютные отметки 270,5 и 256,5 м у озер Лососинского и Машезера. Грунты – супеси и пески, изредка встречаются суглинки, на болотах – торфяники. Территория бассейна покрыта зрелым смешанным лесом. Долина реки выше впадения р. Машозерки и на протяжении 11 км от устья – трапецеидальная, на остальном протяжении – неясно выраженная. Преобладающая ширина долины 200–250 м, наибольшая – 450 м (в 5,5 км от устья), наименьшая – 40 м (в 3,5 км выше устья р. Машозерки). Склоны долины слабо рассеченные, умеренно крутые и крутые, сложены суглинком и супесью, покрыты молодым смешанным лесом, изредка поросли кустарником; в районе г. Петрозаводска они открытые. Преобладающая высота склонов 8–15 м, наибольшая – 30 м. Двухсторонняя пойма имеется только на участке от истока до 1 км ниже устья р. Машозерки. Ширина ее в основном 10–15 м, наибольшая – 70 м (в 1 км ниже впадения р. Машозерки). Поверхность поймы кочковатая, заболоченная, поросла кустарником. Грунты преимущественно супесчаные и торфянистые. В половодье пойма затапливается ежегодно слоем воды 0,1–0,3 м на 8–10 дней. Река Лососинка порожиста, по внешнему виду местами приближается к горному типу. Уклоны на таких участках составляют 10–18 ‰. Средний уклон реки 6,03 ‰. Пороги чередуются с участками русла с почти полным отсутствием падения (плесами). Соответственно и скорости течения по длине реки колеблются от 0,1 на плесах до 2,4 м/с на порогах. Глубина русла изменяется от 0,4–0,5 м на порожистых участках до 3 и более на плесовых. Русло реки извилистое, зарастает слабо. Дно илистое и глинистое, на порогах валунное. Берега крутые и обрывистые, покрыты смешанным лесом и кустарником, местами лугом, в верховье они заболочены (Ресурсы поверхностных вод., 1972). Водный режим р. Лососинки зарегулирован озерами и плотинами, возведенными в истоках рек Лососинки и Машозерки еще в начале XVIII в. На величину годового стока они не влияют, а лишь перераспределяют его внутри года. Средний годовой расход в устье реки 3,7 м³/с. Среднее многолетнее распределе-

ние объема стока по сезонам: весна – 42 % годового, лето-осень – 38 %, зима – 20 %.

Река Неглинка. Вторая по величине городская река, берет начало в небольшой ламбушке за городским районом Древлянка, протекает через микрорайоны Древлянка, Перевалка, Первомайский и Центр. Впадает в Петрозаводскую губу Онежского озера. Длина р. Неглинки 14 км, средний уклон русла 10,3 ‰, площадь водосбора 46,1 км² (Ресурсы поверхностных вод., 1972). В допетровское и петровское время это была довольно полноводная река: суда могли подниматься по ее устью вверх на 3–5 км. Сейчас старинное русло р. Неглинки обозначено только оврагами. Верховья реки, ранее сильно заболоченные, в настоящее время частично осушены. Территория бассейна в нижнем течении занята постройками города. Долина реки невыраженная и слабо выраженная, и только в нижнем течении, в пределах г. Петрозаводска, долина V-образная. Ширина ее 35–50 м, наибольшая – 200 м (в 1,1 км от устья). Склоны крутые и очень крутые, высотой 6–8 м; наибольшая высота – 18 м (в 1,2 км от устья). Они выпуклые, сложены супесью и песком, поросли кустарником. Пойма прерывистая, двухсторонняя шириной 30–40 м. В верхнем течении, где река протекает среди болот, весной воды реки сливаются с тальми водами болот, и ширина разлива достигает 2 км. Пойма заболоченная, сложена торфянистыми и песчаными грунтами, поросла кустарником. Русло менее извилистое, чем у р. Лососинки, и менее порожистое; дно песчано-каменистое, местами заиленное с довольно значительным развитием высшей водной растительности. В результате р. Неглинка очень мелководна и местами напоминает весенний ручей. Глубина русла 0,2–0,5 м, иногда меньше и очень редко доходит до метра. Ширина 5–6 м, ближе к устью достигает 10–12 м. Берега обрывистые, местами крутые, поросли лесом и кустарником (Ресурсы поверхностных вод., 1972). В отличие от р. Лососинки р. Неглинки не зарегулированы ни озерами, ни плотинами (озерность водосбора ≤1 %). Средний многолетний расход в устье реки – 0,51 м³/с. Больше половины годового стока проходит в весенний период (57 %), максимальный расход наблюдается, как правило, в мае. Доля зимнего стока составляет 9 %. Наименьшая водность в году отмечается в марте. Летне-осенний сток превышает зимний почти в четыре раза, и его доля составляет 34 % от годового.

Река Томица. Маленькая речушка, протекающая по Прионежскому району и частич-

но по территории г. Петрозаводска. Вытекает из леса южнее пос. Новая Вилга, впадает в Логмозеро. Длина Томицы 16 км, площадь водосбора 71 км². Уклон реки до замыкающего гидроствора у Сулажгорского кирпичного завода составляет 6,9 ‰. Рельеф водосбора – моренная волнистая равнина с густым смешанным лесом. Высоты изменяются от 50 до 180 м над уровнем моря. Почвы дерново-подзолистые и торфяные. Грунты – супесь с галькой, щебенкой и валунами. Нижняя часть водосбора – сильно заболоченная равнина озерно-ледникового происхождения. В настоящее время территория бассейна (торфяники) осушена на 12 % (Андрианов, 1974). Озерность водосбора составляет менее 1 %. Средний многолетний модуль стока в устье реки около 10 л/с × км².

Сельгская речка. Берет начало в небольшом озере Долгое, расположенном в 2 км от микрорайона Птицефабрики, протекает по его территории и впадает в Онежское озеро в 500 м южнее Петрозаводских канализационно-очистных сооружений. Длина речки 7,8 км, площадь водосбора 21 км². Рельеф бассейна – моренная волнистая равнина с преобладающими высотами от 160–140 м над уровнем моря в верховье до 33 м в устье реки. Верхняя часть водосбора (до Птицефабрики) занята заброшенными сельскохозяйственными полями, мелиоративный сток с которых впадает в речку. Некогда чистая, по словам местных жителей, сейчас она

превратилась в сток куриных фекалий. Средний расход воды в устье реки – 0,20 м³/с.

Ручей Каменный. Вытекает из оз. Четырехверстного, расположенного в пределах микрорайона Ключевая; протекает в районах Ключевая и Сайнаволоки и впадает в Петрозаводскую губу Онежского озера. Длина ручья около 3 км, площадь водосбора 3,5 км². Абсолютные высоты на водосборе изменяются от 170 м в верховье до 33 м в устье. Русло ручья порожистое, глубина 30–60 см, течение быстрое. Дно каменистое. Средний расход воды в устье ручья составляет 0,04 м³/с.

Ручей Студенец. Вытекает из лесного массива в районе Сулажгоры, протекает через промышленную зону на Заводской улице, по землям бывшего совхоза «Тепличный» и впадает в Петрозаводскую губу в районе пляжа Пески. Длина ручья 3,8 км, площадь водосбора 4,8 км².

Ручей Большой. Исток находится в районе Старой Кукковки. Местность заболоченная, с обильным грунтовым питанием. В настоящее время в районе возводится жилой комплекс. Отмечаются случаи затопления подвалов в новых домах; вероятная причина – застройка верховья ручья. Значительная часть ручья протекает по трубам, проложенным через дороги. В районе Ключевой ручей течет вдоль ул. Сегезской и впадает в Онежское озеро. Длина ручья 2,1 км, площадь водосбора 1,9 км². Средний расход в устье ручья 0,015 м³/с.

3.4.3. Лососинка и Неглинка: немного истории

Первые люди на территории Карелии появились в X–XI тысячелетиях до н. э. На древних береговых склонах Онежского озера по северному побережью залива Петрозаводская губа в пределах г. Петрозаводска, по берегам Логмозера и в ближайших окрестностях известно около 70 археологических объектов разного времени, в основном эпохи неолита – энеолита, но некоторые из них мезолитические – VII–VI тыс. до н. э. (Филатова, 2012). О занятиях местного населения в Средние века мы можем судить по «Писцовой книге Обонежской пятины 1563 г.», например: «...озеро Логол-озеро в длину 5 верст, поперег 5 верст, сквозь его течет Шуя река... речка Лососинница, речка Нигиница, а ловят в них на устьях тайники и котцы и сетми переметными в осень

торпы, а в Лососинници речке лососи и торпы тем же вотцы и сетми переметными на устье во все лето...».

Исторически сложилось, что почти все российские города создавались на берегах рек или озер. Водные объекты выполняют хозяйственную, рекреационную, природоохранную, противопожарную функции. Город Петрозаводск не исключение, он расположен на берегах Петрозаводской губы Онежского озера. Оно и протекающие через весь город реки Лососинка и Неглинка являются главными градоформирующими факторами.

История возникновения города тесно связана с Лососинкой – небольшой рекой, впадающей в Петрозаводскую губу Онежского озера. В начале XVIII в. Россия начала борьбу со

Швецией за выход в Балтийское море. Для ведения военных действий понадобился новый оружейный завод вблизи шведской границы. По решению Петра I в 1702 г. была организована экспедиция в Олонецкий край для поиска железных и медных руд под руководством Ивана Патрушева и Иоганна Блиэра. Во время обследования Онежского озера и окрестностей на территории Шуйского погоста было найдено несколько крупных месторождений медной и железной руды. Для строительства металлургического завода их внимание привлекло устье р. Лососинницы (так тогда именовали Лососинку). Летом 1703 г. на Онежское озеро была снаряжена еще одна экспедиция под руководством московского рудознатца и металлурга Якова Власова. Экспедиция обследовала р. Лососинку от устья до ее истока из оз. Лососинского, а также ее приток – р. Машозерку, вытекающую из оз. Машезера. Эти озера могли служить надежными водохранилищами. Яков Власов окончательно сделал выбор размещения нового завода в пользу устья р. Лососинки, после чего в этом месте начались подготовительные работы. Кроме того, расположение завода было выгодным в связи с наличием удобных водных путей сообщения, наличием строительных материалов (лес, камень) и топлива (развитое углежжение) (Мулло, 1981). 29 августа 1703 г. состоялась закладка завода, который получил наименование Шуйский оружейный завод, впоследствии названный Петровским.

С 1703 г. воды р. Лососинки стали использоваться для приведения в действие машин и механизмов завода, а также мукомольных и лесопильных мельниц, расположенных на ее берегах. В приустьевой части реки были возведены две плотины – большая верхняя и нижняя. Плотины обеспечивали постоянный напор воды для вращения вододействующих колес, приводивших в движение механизмы цехов и мастерских. Выше плотины «...образовался обширный бассейн... Озерко это ближайшим жителям-мастерским доставляло и пользу и удовольствие; летом, в хорошую погоду, здесь катались в лодках, ловили рыбу – торп, щук, налимов, которых водилось много; зимою для мастеровых и англичан, служивших на заводе, этот искусственный водоем был местом катанья на коньках»*. Тогда же для обеспечения круглогодичной бесперебойной работы многочисленных механизмов завода в истоках рек Лососинки и Машозерки были сооружены плотины высотой 2,5 сажени. Уровень в озе-

* Чудинов И. Наводнение в Петрозаводске в 1800 году // Олонецкие губернские ведомости. 1864. № 21. С. 84–86.

рах с постройкой плотин поднялся на 3,5 метра, площади озер Машезера и Лососинского были увеличены почти в два раза.

В 1774 г. на левом берегу Лососинки построили Александровский пушечный завод. В ходе строительства завода был сооружен отводной канал длиной 162 сажени, по которому воды р. Лососинки были «с натурального своего течения поворочены», и возведена заводская плотина длиной 180 и высотой 6 сажень со специальными прорезями и подъемными затворами-щитами для спуска паводковых вод низом. Выше плотины образовалось большое водохранилище (в настоящее время территория стадиона «Спартак») (Мулло, Рыбак, 1979).

Еще до начала строительства Петровского завода в устье р. Лососинки имелась водяная нижнебойная двухколесная мельница с двумя жерновыми. В конце XVIII в. на р. Лососинке в городской черте работали две мельницы. Одна была построена в декабре 1768 г., другая, принадлежавшая французской фабрике Баралла и Шанония, – после 1765 г. На р. Неглинке, в ее устье, стояла пильная мельница петрозаводского купца Игнатия Драницына 1779 г. постройки.

В 1901 г. на берегу р. Лососинки располагался лесопильный завод купца М. К. Пикина и две мукомольные мельницы. Все производственные механизмы приводились в движение за счет энергии воды. У р. Неглинки, на окраине города, функционировала спичечная фабрика Торгового дома С. Л. Леонтьева и К.

В 1902 г. на Александровском заводе в Петрозаводске на р. Лососинке была построена гидроэлектростанция для нужд металлургического производства. В 1908 г. Г. Е. Пименов, городской глава г. Петрозаводска, выступил инициатором постройки на р. Лососинке городской ГЭС, пуск которой в 1910 г. имел решающее значение для дальнейшего развития городского хозяйства губернской столицы. Работами по строительству станции руководил инженер-электрик Вячеслав Николаевич Лядинский. Он же в 1925 г. являлся руководителем строительства 2-й городской ГЭС.

Перед Великой Отечественной войной на р. Лососинке функционировало три гидроэлектростанции. Перед оккупацией города две из них были разрушены, а в третьей демонтировано оборудование.

Некоторое представление о р. Лососинке в разные периоды ее существования дают архивные фотографии.

Река Лососинка
(Фотоальбом № 1 из Национального архива Республики Карелия: Олонецкая губерния. Фотографические снимки 1901 г. Фотографировал И. А. Никольский)



Шлюз для Александровского завода
(Фотоальбом № 1 из Национального архива Республики Карелия: Олонецкая губерния. Фотографические снимки 1901 г. Фотографировал И. А. Никольский)

Работа по благоустройству города;
Онегзаводская ямка. Петрозаводск, 1935 г.
(автор снимка – Иванова) (фото из Национального архива Республики Карелия)



Бассейн р. Лососинки со стороны Советского моста. Петрозаводск, 1937 г. (автор снимка – Г. А. Анкудинов) (фото из Национального архива Республики Карелия)

3.4.4. Катастрофические явления на реках. Паводки, половодья

Еще с 1703 г. воды р. Лососинки использовались для приведения в действие машин и механизмов всех заводов, а также мукомольных и лесопильных мельниц, расположенных на ее берегах. Тогда же на озерах Машезере и Лососинском были сооружены плотины «для удержания запасной воды».

В октябре 1787 г. при сильном западном ветре озера Машезере и Лососинское были «приведены в такое волнение», что «причинили великое наводнение, которое было причиною не малого вреда при новой свирильной», т. е. нанесло урон цеху Александровского завода, где производилось сверление пушечных стволов. Никаких других бед тогдашнее наводнение не принесло. Поскольку озера оказались переполнены водой, в январе 1788 г. начальник заводов Гаскойн принял решение выпустить воду из озер, «чтобы впредь из оных течение в речку Лососинку было обыкновенное и чтобы при будущем весною разливе не могло от большого оной количества сделать при заводе никакого повреждения».

В 1794 г. случилось новое наводнение. В ночь с 23 на 24 августа «от шедшего чрезвычайного дождя в реке Лососинке сделалось великое наводнение, так что вода, текущая сверху сей речки с величайшим стремлением чрез состоящие на оной казенные заводы, у последнего, близ озера Онега находящегося медеплавильного завода, повредило оною плотину в трех местах» (медеплавильный завод, о котором идет речь, находился примерно напротив того места, где в наши дни располагается туркомплекс «Карелия»). Промыв плотину, вода снесла находившуюся позади плотины возле плавильной фабрики угольную кучу. Собранные по тревоге люди сумели открыть запоры в прорезе плотины и выпустили воду, благодаря чему опасность других разрушений была ликвидирована.

Во времена Карла Гаскойна, начальника Олонецких горных заводов с 1786 по 1803 г., в 1800 г. в г. Петрозаводске произошло сильное наводнение. Причиной его послужило то, что английский инженер изменил конструкцию заводской плотины. По его указанию был заменен устроенный при А. Н. Ярцове «вешний прорез» свободным водосливом через край плотины. Однако через порог водослива проходил только незначительный верхний слой воды, когда водоем заводского пруда переполнялся. В плотине оставался постоянный запас воды, который нельзя было выпустить при необходимости.

После проливных дождей в августе 1800 г. воды р. Лососинки, даже при закрытых верхних плотинах на озерах Лососинское и Машезере, переполнили заводское водохранилище, прорвали плотину и мощным потоком хлынули на территорию завода. Водная стихия опрокинула в Онежское озеро часть заводских построек и несколько домов, стоявших в устье р. Лососинки. Во время наводнения река образовала новое русло с северо-западной стороны завода, там, где рабочие, борясь с аварией, рыли отводный канал. Заводские постройки оказались на правом берегу р. Лососинки. Посетивший Александровский завод в том же году член Берг-коллегии, статский советник Иван Герман записал в своем отчете правительству: «Для спасения фабричных строений другого средства не оставалось, кроме как прорыть отводной на левом боку канал, чем и сделана великая ямина».

В течение нескольких дней после катастрофы по Петрозаводской губе плавали срубы домов вперемешку с заборами. На дне некогда глубокого заводского водохранилища дети, бродя по лужам, вылавливали щук и налимов, которыми, по свидетельству современников, изобиловало заводское водохранилище. Убыток, причиненный Александровскому заводу своенравной Лососинкой, исчислялся в 40 тыс. рублей.

Ныне на том месте, где воды р. Лососинки вырвали огромный пласт земли, разбит заводской сквер, часто именуемый петрозаводчанами «Ямкой».

Мощное весеннее половодье, не сопровождавшееся значительными разрушениями, отмечалось и в 1867 г.* Подъем воды на р. Лососинке, аналогичный паводку 1800 г., произошел из-за прорыва зажора («ледяной плотины») на порогах в 1878 г.** Рекой была снесена древесина, складированная на берегу. Осенью 1926 г. из-за паводка на р. Лососинке возникла угроза плотине «Лобан»***. В 1929 г. в результате разлива петрозаводских рек произошла авария на 1-й электростанции Лососинки****. Подобные события наблюдаются и в настоящее время. Примером является разлив реки в декабре 2012 г.

* Олонецкие губернские ведомости. 1867. № 22. С. 382.

** Правительственный вестник. 1878. № 11. С. 2; Олонецкие губернские ведомости. № 2. С. 18.

*** Красная Карелия. 1926. № 258. С. 3.

**** Красная Карелия. 1929. № 105. С. 4.

4. ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ

В широком смысле *подземные воды* – все воды, находящиеся ниже поверхности земли, независимо от фазового состояния и взаимосвязи с породой.

Подземная вода является геологическим объектом, изучение которого невозможно проводить в отрыве от изучения горных пород, истории и строения геологических структур и процессов, происходящих в земной коре. *Гидрогеология* – наука, которая изучает подземные воды, условия их залегания и движения, свойства и состав, возможности хозяйственного использования.

Подземные воды разделяются:

- по степени связи с вмещающими породами на воды *химически и физически связанные, капиллярные и свободные*. С точки зрения использования нас интересует вода в свободном состоянии, способная к самостоятельным формам движения;

- по физическому состоянию – на *парообразные, жидкие, твердые (лед)*;

- по условиям залегания – на *верховодку, грунтовые, межпластовые*.

Грунтовыми водами называется первый от поверхности водоносный горизонт со свободным уровнем воды. В отличие от верховодки, которая отличается непостоянством распространения и времени существования, грунтовой горизонт существует постоянно и распространен на значительных площадях. Водоносные горизонты, залегающие между двумя слабопроницаемыми (водоупорными) пластами, называются межпластовыми. В большинстве случаев межпластовый слой заполнен водой с избыточным давлением, величина которого увеличивается с глубиной залегания. Если напорные воды вскрыты горными выработками (колодцами или скважинами), то такие воды называются самоизливающимися.

- по типу водовмещающих пород – *поровые, трещинные, карстовые*;

- по генезису (происхождению) – *инфильтрационные* (образовавшиеся в результате просачивания атмосферных осадков до уровня подземных вод), *конденсационные* (образовавшиеся в результате конденсации паров воды), *седиментогенные* (захороненные вместе с морскими осадками), *метаморфогенные* (образовавшиеся в пределах литосферы путем преобразования различных видов воды в свободную), *магматогенные или ювенильные* (впервые попавшие в гидролитосферу снизу или при преобразовании магмы).

Подземные воды подразделяются также по химическому составу (учитывается группа макрокомпонентов, микрокомпонентов, газовый состав), минерализации (воды пресные, соленоватые, соленые, рассолы), температуре (воды от холодных до горячих и перегретых), по характеру использования (воды хозяйственно-питьевые, лечебные минеральные, промышленные, теплоэнергетические).

Слои горных пород, насыщенные водой, образуют *водоносные горизонты*. Относительно водонепроницаемые слои (глины, плотные суглинки, нетрециноватые породы) получили название *водоупоров*.

Мысль об исключительной роли подземных вод в жизни человека сформулировал академик А. П. Карпинский, сказав, что «...нет более драгоценного ископаемого как вода» (1931). Но в отличие от всех других видов полезных ископаемых, подземные воды обладают уникальным свойством – *возобновляемостью*. В соответствии с этим *запасы подземных вод* (так называемые эксплуатационные запасы) определяются не только и не столько объемом воды, содержащимся в водоносном слое, а тем количеством подземных вод, которое может быть получено при эксплуатации месторождения за счет притока подземных вод. Емкость водоносного

горизонта может быть невелика, но производительность его может быть значительной, если он обеспечен в своем питании.

Питание водоносного горизонта – поступление воды в горизонт путем инфильтрации атмосферных осадков, поглощения поверхностных вод, притока из соседних горизонтов. Соответственно *разгрузка* подземных вод – это отток и расходование запасов подземных вод данного водоносного горизонта. Разгрузка осуществляется в виде источников, фильтрацией в русло или дно водных объектов, перетеканием в нижележащие водоносные горизонты.

Источниками (родниками) называются естественные выходы подземных вод на поверхность земли. Образование источника определяется в

основном двумя причинами: вскрытием водоносного горизонта эрозионными врезами (понижениями в рельефе) и фильтрационной неоднородностью водовмещающих пород.

В настоящее время отмечается тенденция ко все большему использованию подземных вод для водоснабжения населения во многих странах. Это объясняется тем, что подземные воды как источник водоснабжения имеют ряд преимуществ по сравнению с поверхностными. Во-первых, подземные воды, как правило, обладают лучшим качеством, более надежно защищены от загрязнения, меньше подвержены сезонным колебаниям. Во-вторых, в большинстве случаев их использование не требует дорогостоящих мероприятий по водоподготовке.

4.2. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

В геологическом отношении Карелия расположена в юго-восточной части Фенноскандинавского щита, сложенного гранито-гнейсовыми образованиями архейского фундамента, на котором залегают вулканогенно-осадочные комплексы протерозоя. Верхнепротерозойские (венд) и девонские породы осадочного чехла Русской платформы располагаются на юго-востоке Карелии. Вендские отложения вскрыты также в районе г. Петрозаводска и к западу от него, а также вдоль побережья Онежского озера. Здесь они локализируются в областях прогибов палеорельефа кристаллического фундамента и перекрыты мощным (до 120 м) чехлом четвертичных отложений.

Среди четвертичных отложений на территории города выделены четыре морены, разделенные межморенными образованиями. Все рыхлые отложения являются водоносными в той или иной степени. Наиболее водоносными являются лишь два горизонта: карельский водно-ледниковый (f, lg III kr) и онегозерский морской и озерный (m, I III on).

Водно-ледниковый горизонт залегает первым от поверхности и подстилается ледниковыми отложениями. Водовмещающие породы представлены хорошо отсортированными слоистыми мелко-, средне- и крупнозернистыми песками. На равнинных участках подземные воды залегают близко к поверхности, на вершинах озовых гряд уровни подземных вод устанавливаются на глубинах 15–25 м.

Онегозерские отложения залегают на андомской морене и перекрываются карельскими отложениями. Глубина залегания кровли горизонта изменяется от 5 до 30 м, мощность достигает 40 м. Водовмещающие породы представлены песками с включениями гравия, гальки, валунов, реже слоистыми супесями, галечниками и суглинками. Воды преимущественно напорные.

Трещинные воды имеют повсеместное распространение и приурочены к верхней трещиноватой зоне кристаллических пород мощностью около 50–70 м, ниже которой породы практически безводны. Трещинно-жильные воды локали-

зованы в зонах тектонических нарушений, где глубина их распространения достигает 150–250 м.

Подземные воды архей-протерозойских пород имеют непосредственную связь с водами рыхлых четвертичных отложений, за счет инфильтрации которых и происходит питание кристаллических пород. Общее зеркало подземных вод в несколько сглаженном виде отражает рельеф территории, направление движения подземных вод совпадает с направлением поверхностного стока.

Наиболее продуктивным водоносным горизонтом в пределах г. Петрозаводска и его окрестностей является нижнекотлинский осадочный горизонт (V_2 kt₁), представленный кварцполевошпатовыми песками и интенсивно трещиноватыми слабосцементированными песчаниками. Мощность горизонта колеблется от 20 до 90 м. Воды горизонта напорные, в долине р. Лососинки и вдоль береговой линии Онежского озера пьезометрический уровень подземных вод находится выше поверхности земли, что обеспечивает самоизлив из скважин. Одна из таких скважин расположена на берегу Онежского озера в устье р. Неглинки. Часто ошибочно ее называют родником.

В результате гидрогеологического изучения территории был выделен Петрозаводский субартезианский бассейн, включающий онегозерский и нижнекотлинский водоносные горизонты. В пределах этого бассейна создаются наиболее благоприятные условия аккумуляции подземных вод, что позволяет рассматривать подземные воды в качестве реального источника хозяйственно-питьевого водоснабжения отдельных микрорайонов города. Но воплощение такой перспективы требует значительных материальных затрат и времени.

Большой популярностью среди населения пользуются родники на территории г. Петрозаводска. Привлекательность подземной (родниковой) воды заключается, в первую очередь, в ее выгодном отличии от поверхностной по органолептическим свойствам (цвету, запаху, вкусу).

Эти свойства подземной воды объясняются тем, что в ней мало органических веществ, значительно меньшее количество микроорганизмов, постоянно низкая температура. И большинство жителей уверены, что родниковая вода всегда чистая, так как пройдя через грунты, очищается. Но наивно надеяться на природные фильтры, учитывая трехсотлетнюю историю города, на территории которого сформировались техногенные грунты.

Подземные воды на территории г. Петрозаводска с давних времен являлись источником водоснабжения населения. В начале XIX в. один Неглинский родник (ныне утраченный) удовлетворял потребность в воде большей части города, а к 1940 г. при уже действующем водозаборе из Онежского озера существовали 365 приу-

садебных колодцев, из которых 64 были общественными и ими пользовались 62 % населения города. Следует отметить, что уже в 20-х гг. прошлого столетия отмечалось повсеместное загрязнение подземных вод, а в 1940 г. состояние всех колодцев было признано «чрезвычайно неудовлетворительным» (Старцев, 1999).

По данным геолого-гидрогеологических съемок к 70-м гг. в городе и его окрестностях было известно около 60 эксплуатируемых родников и колодцев. В настоящее время многие из них ликвидированы в результате застройки. В естественном виде сосредоточенных родников в городе практически не осталось, большинство из них каптированы бетонными кольцами, дощатыми срубами или металлическими трубами (рис. 4.1 и 4.2).



Рис. 4.1. Родник на бывшем стадионе «Спартак» (Сулажгора)

Контроль за качеством воды в наиболее посещаемых населением источниках города осуществляет Центр Госсанэпиднадзора в Петрозаводске. Городская администрация отвечает только за некоторые колодцы. Содержание заключается в частичном благоустройстве, информировании населения о качестве воды. Следует отметить, что ни один источник не соответствует всем требованиям, предъявляемым к источникам нецентрализованного водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1175-02). Эти требования регламентируют выбор места расположения водозаборного сооружения, его устройство и оборудование, контроль за качеством воды и пр. Ни один

родник не имеет организованных зон санитарной охраны, необходимых для источников водоснабжения, и нет возможности их создания.

С 90-х гг. администрация г. Петрозаводска в рамках различных экологических программ периодически организует работы по обследованию и оценке качества городских источников подземной воды. ИВПС КарНЦ РАН занимается изучением этих объектов и в конкретных проектах, и в рамках фундаментальных исследований, направленных на изучение закономерностей формирования химического состава подземных вод в условиях антропогенного влияния (Водные ресурсы..., 2006).



Рис. 4.2. Родник на левом берегу р. Неглинки (ул. Вольная)

Родниками и колодцами вскрываются преимущественно грунтовые воды различных по генезису и составу отложений. На северо-западной окраине города родниками дренируются воды водно-ледниковых отложений, на большей территории – ледниковых и озерно-ледниковых. Родники, как правило, малодебитные – от 0,01 до 0,5 л/с, редко до 1 л/с. В долинах рек Лососинки, Неглинки и на побережье Онежского озера разгружаются воды более глубоких моренных и межморенных водоносных го-

ризонтов. На рис. 4.3 показано расположение некоторых, в том числе и наиболее посещаемых, родников и колодцев в г. Петрозаводске и его окрестностях. Следует отметить, что некоторые из отмеченных на карте родников к настоящему времени исчезли в результате строительства. Это родники № 16 (ул. Белинского) и № 17 (ул. Дзержинского). Последний из упомянутых и был тем самым историческим Неглинским родником, который до 2012 г. еще пробивался в придорожной канаве.

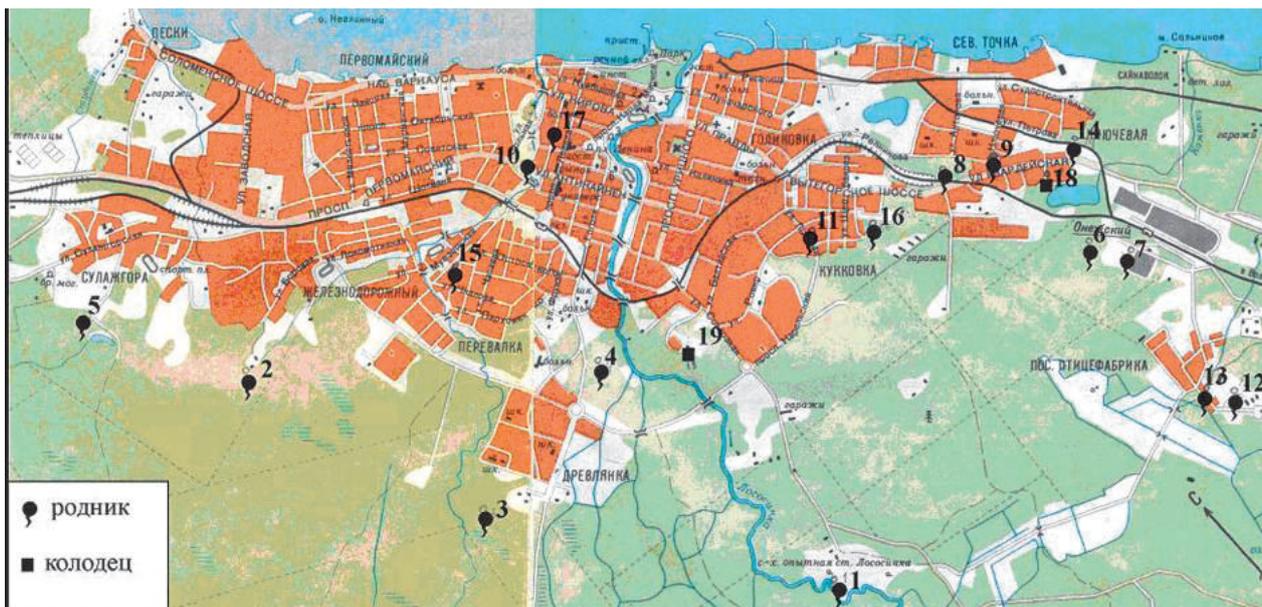


Рис. 4.3. Схема расположения родников и колодцев г. Петрозаводска (номера по табл. 4.1)

Результаты наблюдений за гидрохимическим режимом отдельных источников в период 1993–2013 гг. приведены в табл. 4.1. В ней представлены пределы колебаний показателей химического состава подземных вод. Анализируя данные таблицы, можно заметить, что все показатели воды в различных источниках варьируются как между собой, так и почти в каждом из них за период наблюдений. Минерализация подземных вод колеблется в пределах 0,06–0,67 г/л, величина рН – от 5,6 до 7,6.

По уровню концентраций и диапазону колебаний основных компонентов все источники можно разделить на две группы. Первая группа – это родники с низкими концентрациями нитратов, хлоридов, натрия и небольшими сезонными колебаниями показателей. Все родники этой группы располагаются на окраинах города. Вторая группа источников, напротив, отличается высокими концентрациями этих компонентов и значительными сезонными вариациями. Все они находятся в черте города.

Таблица 4.1. Результаты наблюдений за гидрохимическим режимом отдельных источников (1993–2012 гг.)

Местоположение (* памятник природы)	№	рН	Na ⁺ , мг/л	K ⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Fe общ, мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	Минерализация, г/л
Родники												
* 2 км южнее Кукковки, агробаза	1	6,9–7,1	6–7	1–1,4	30–37	17–19	1–3	190–216	2–3	8–17	0,2–1	0,27–0,31
* Бывший стадион «Трудовые резервы» («Сулажгорский»)	2	6,9–7,3	6–7	1–2	18–23	12–17	<0,2	123–138	0,7–1	8–18	0,3–2	0,19–0,21
Ул. Попова, лесной массив	3	7,2–7,6	5–7	1–2	24–28	14–18	0,2–0,7	156–168	1,5–4	5–18	0,2–1	0,23–0,25
Лососинское шоссе	4	7,1–7,5	6–7	2–3	54–60	30–35	0,4–1	270–300	19–24	14–30	0,3–1	0,40–0,45
Стадион «Спартак» (Сулажгора)	5	5,7–6,1	3–6	1–12	7–11	4–6	<0,1	25–47	1–4,4	9–27	0,1–5	0,06–0,10
* «Онежский», разъезд Онежский	6	6,4–6,6	4–4,2	1–1,2	14–15	9–10	<0,1	78–80	1–2	10–11	1–1,3	0,13–0,15
Разъезд Онежский, у ж/д	7	6,2–6,3	4–19	1–5	10–22	4–8	<0,1	17–42	2–18	27–44	3–10	0,07–0,15
Ул. Антонова, лесной массив	8	6,1–6,7	26–69	2–6	20–46	8–17	<0,1	60–91	33–128	16–55	12–25	0,20–0,41
Ключевское шоссе	9	6,4	47–60	4–5	28–45	16–26	<0,1	103–195	56–130	13–41	16–46	0,30–0,51
р. Неглинка, ул. Вольная	10	6,2–6,7	7–28	2–4	12–26	4–11	<0,2	31–59	8–32	15–40	4–37	0,10–0,20
Ул. Лыжная	11	5,8–6,2	12–26	2–4	14–29	8–18	<0,2	31–60	12–40	21–95	10–50	0,17–0,28
Птицефабрика, на склоне	12	5,7–7,3	4–15	1–3	11–24	6–15	<0,1	26–125	1–13	8–65	3–23	0,10–0,23
Птицефабрика, р. Сельгская	13	5,7–6,2	13–19	5–8	42–62	27–45	<0,1	28–73	15–37	26–87	140–310	0,37–0,59
Ул. Кемская	14	6,5–6,9	26–42	3–10	44–72	26–43	<0,1	131–205	31–80	68–110	22–63	0,38–0,54
Ул. Муезерская, 41	15	6,6–7,3	31–43	3–4	43–67	35–45	<0,2	204–314	43–64	50–89	30–62	0,52–0,61
Ул. Белинского, 7	16	5,6–5,9	8–22	3–4	14–25	6–13	<0,1	13–25	10–35	35–58	15–86	0,14–0,24
Ул. Дзержинского, шк. 17	17	6,3–6,7	14–22	5–6	19–27	5–14	0,1–0,3	42–60	20–30	22–41	18–30	0,15–0,23
Колодцы												
Ул. Челюскинцев, 52	18	5,9–7,2	16–45	11–40	27–96	7–35	0,1	30–196	22–76	48–116	74–278	0,26–0,67
Ул. Совхозная, «Курган»	19	5,9–6,7	15–26	2–4	18–30	10–16	<0,1	45–60	17–37	35–62	19–68	0,19–0,27

Практически любой вид хозяйственной деятельности неизбежно сказывается на качестве подземных вод. Специфические показатели загрязнения свойственны конкретному виду загрязнения. Примером специфического загрязнения подземных вод нашего региона могут служить соединения фтора (алюминиевое производство), нефтепродукты (транспорт). Среди общих показателей загрязнения следует особо выделить нитраты, которые являются прямыми показателями загрязнения, а также хлориды и

калий – элементы, которые постоянно сопровождают хозяйственно-бытовую деятельность человека (The Geochemical Atlas..., 1990; Крайнов, Закутин, 1993).

Основной источник поступления соединений азота на фоновые территории Карелии – атмосферные осадки, в меньшей степени – почвы. На территории населенных пунктов Карелии содержание нитратов в подземных водах часто достигает значительной и даже критической величины – более 45 мг/л (ПДК для питьевых

вод). Из общего количества опробованных родников и колодцев в поселках и городах Карелии только 12 % имеют концентрацию $\text{NO} < 1$ мг/л, а в 20 % превышают ПДК. Другими словами, только в пределах поселений в подземных водах отмечается нитратное загрязнение. Источником его являются хозяйственно-бытовые отходы (Лозовик, Бородулина, 2009).

Следует отметить значительные изменения рельефа и вещественного состава верхней части отложений на территории города под влиянием хозяйственной деятельности. Большая площадь города покрыта техногенно-измененным грунтом мощностью до 3–5 м, в состав которого входят строительные, промышленные и бытовые отходы, засыпанные в оврагах и болотах свалки мусора. В городе существуют районы старой (частной) застройки с огородами, компостными и выгребными ямами, которые на протяжении десятилетий являются постоянными очагами источников загрязнения подземных вод.

Далее приводится характеристика некоторых родников, три из них (№ 1, 2, 6) на основании Постановления Совета Министров КАССР № 276 от 20.07.84 имеют статус памятников природы (Хохлова и др., 2000).

Родник № 1 «Лососинский» (рис. 4.4) находится на правом берегу р. Лососинки, в 2 км к

югу от микрорайона Кукковка, на бывших полях птицефабрики. Располагается на окраине сельхозугодий, дает начало ручью, который по заросшему кустарником оврагу впадает в р. Лососинку. Родник восходящий (вскрывается напорный межморенный горизонт), дебит около 2 л/с. Оборудован дощатым срубом. Для родниковой воды характерен стабильный по сезонам гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав. Отмечается повышенная концентрация железа (до 3 мг/л), марганца (до 1,2 мг/л), что обусловлено бескислородными условиями формирования состава воды. Минерализация составляет 0,27–0,31 г/л, рН изменяется от 6,9 до 7,1. Родник посещается редко, так как находится в удаленном от города месте, не имеет удобного подхода к воде, бурый осадок соединений железа вокруг и внутри сруба создает малопривлекательный вид, вода имеет железистый привкус. Но эти недостатки с точки зрения потребителя становятся преимуществом для сохранения родника в естественном состоянии как примера разгрузки подземной воды из межморенного горизонта. В последнее время в связи с интенсивным малоэтажным строительством в этом районе родник находится под угрозой исчезновения.

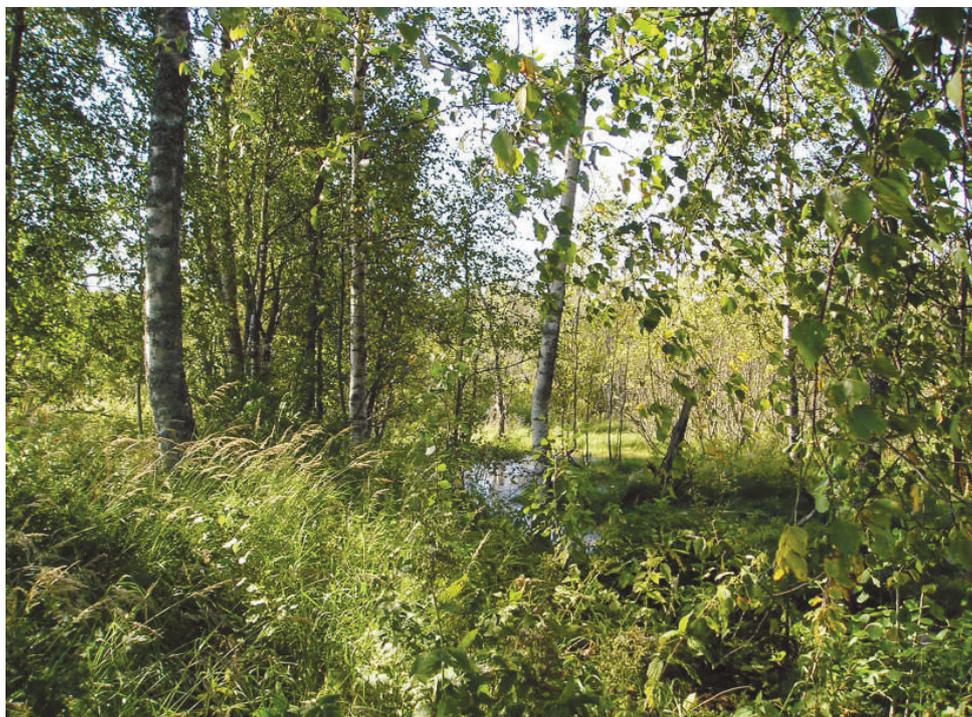


Рис. 4.4. Родник «Лососинский» (фото А. Щербакова)

Родник № 2 («Сулажгорский») находится на территории бывшего стадиона «Трудовые резервы», у подножия юго-восточного склона Сулажгорской гряды. Здесь вдоль склона наблю-

даются многочисленные выходы грунтовых вод, в основном рассредоточенные, пластовые, которые по характеру выхода на поверхность являются контактовыми. Такие источники обра-

зуются, когда эрозионным врезом вскрывается контакт водоносного горизонта (в песчано-гравийных отложениях) с подстилающим водоупором (глинистая морена). Сосредоточенный выход подземных вод каптирован бетонным кольцом с выведенной металлической трубой, из которой под навесом жители разбирают воду в емкости. Дебит источника за период наблюдений колебался в пределах 0,5–1,0 л/с. Родник пользуется огромной популярностью среди населения города. Подземная вода формируется в кислородных условиях, имеет минерализацию 0,19–0,21 г/л, по составу гидрокарбонатная кальциево-магниевая. По питьевым качествам источник является лучшим среди родников города, но возросшая нагрузка без соблюдения надлежащих мероприятий по охране источника может привести к загрязнению водоносного горизонта.

Родник № 6 («Онежский») находится юго-западнее оз. Четырехверстного, в 300 м от железнодорожного разъезда «Онежский». Родник располагается в лесу у подножия возвышенности, дает начало ручью с расходом около 2 л/с. Вода менее минерализована, чем в первых двух родниках, – 0,13–0,14 г/л, состав гидрокарбонатно-сульфатный магниевый. Используется в питьевых целях в основном жителями ближайших районов.

Остальные городские родники и колодцы в той или иной степени загрязнены, в первую очередь, нитратами и хлоридами. Большинство основных компонентов и показателей в воде источников колебались в широком диапазоне по сезонам и в многолетнем разрезе. Почти в каждом водопункте нитраты в какой-то период превышали ПДК, а в двух (пос. Птицефабрика, ул. Челюскинцев) концентрации нитратов постоянно выше ПДК в несколько раз, что делает их полностью непригодными для питья.

Практически для всех родников и колодцев, расположенных в черте города, характерно постоянное бактериальное загрязнение. Концентрации микрокомпонентов, в том числе токсичных, в водах городских родников повышены по сравнению с фоновыми, но, как правило, далеки от предельно допустимых. Аномальные содержания микрокомпонентов определены в единичных пробах.

Азот относится к биогенным элементам в природных водах. Концентрация его целиком зависит от интенсивности биохимических и биологических процессов, происходящих в водных объектах. Повышенный интерес соединения азота вызывают в связи с тем, что они служат показателями загрязнения вод и, кроме того, обладают токсичностью. По степени токсичности

формы азота располагаются в следующей последовательности: $\text{NO}_2^- > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$. При высоких содержаниях нитратов дети заболевают метгемоглобинемией (токсический цианоз), поэтому в питьевой воде содержание нитратов не должно превышать 45 мг/л. Азот присутствует в водах в виде различных неорганических и органических соединений. К числу неорганических относятся аммонийные, нитритные и нитратные ионы. Органические соединения образуются в процессе отмирания организмов и распада продуктов их жизнедеятельности. Органические формы переходят в минеральные в результате биохимического распада. Наиболее быстро это происходит для веществ, выделяемых животными (фекалии), дольше – у сложных белковых соединений. Нитраты являются конечным продуктом сложного процесса минерализации органического вещества. Главным источником накопления нитратов в водах естественных ландшафтов являются почвы и атмосферные осадки. Однако в пресных водоемах нитраты не концентрируются, поскольку потребляются живыми организмами и растениями. А в подземных водах в аэробных условиях при наличии очагов загрязнения имеются благоприятные условия для неограниченного накопления NO_3^- и незначительного – NO_2^- и NH_4^+ (Крайнов, Закутин, 1993), поскольку в условиях постоянно невысоких температур, которые характерны для подземных вод, происходит угнетение жизнедеятельности микроорганизмов и биохимические процессы не имеют большого значения.

Привлекательность родниковой воды для жителей г. Петрозаводска заключается, в первую очередь, в ее выгодном отличии от водопроводной по органолептическим показателям (цвету, запаху, вкусу). В целом подземная вода физиологически более благоприятна для организма человека, поскольку содержит большее количество растворенных компонентов, в том числе биологически важных (магний, кальций, микроэлементы). В последние годы интерес вызывает медико-экологическая проблема, связанная с установлением нижних пределов минерализации питьевых вод. Давно замечено, что длительное потребление маломинерализованной воды сказывается на состоянии организма. Пороговой величиной негативных сдвигов в организме животных считается минерализация ниже 100 мг/л. Свидетельства о связи сердечно-сосудистых заболеваний с использованием мягких вод получены исследователями во многих странах (Эльпинер, 1995). Показана отчетливая тенденция к увеличению общего числа сердечно-сосудистых заболеваний по мере уменьшения жесткости потребляемой воды. Появились работы, где уста-

навливается связь раковых заболеваний с наличием в воде пониженных концентраций солей жесткости (Sakamoto, 1997). И хотя Всемирная организация здравоохранения еще не смогла определиться в вопросе о введении необходимых нормативов (Guidelines..., 1993), следует подчеркнуть, что для северных регионов, в том числе и Карелии, на большей части территории которой жители используют поверхностную воду очень низкой минерализации, эта проблема весьма актуальна.

Подземная вода менее уязвима к загрязнению по сравнению с поверхностной, но формирование ее химического состава (особен-

но это касается грунтовых вод) происходит на территории, на которой постоянно уплотняется застройка, сконцентрированы разнопрофильные производства, перенасыщена транспортная сеть, находятся большие объемы промышленных и бытовых отходов. Эти факторы создают максимальные нагрузки на все компоненты окружающей среды, в том числе и на подземные воды. Наибольшее влияние на изменение химического облика грунтовых вод оказывает хозяйственно-бытовая деятельность человека. И максимальная степень загрязнения отмечается в неблагоустроенных районах города.

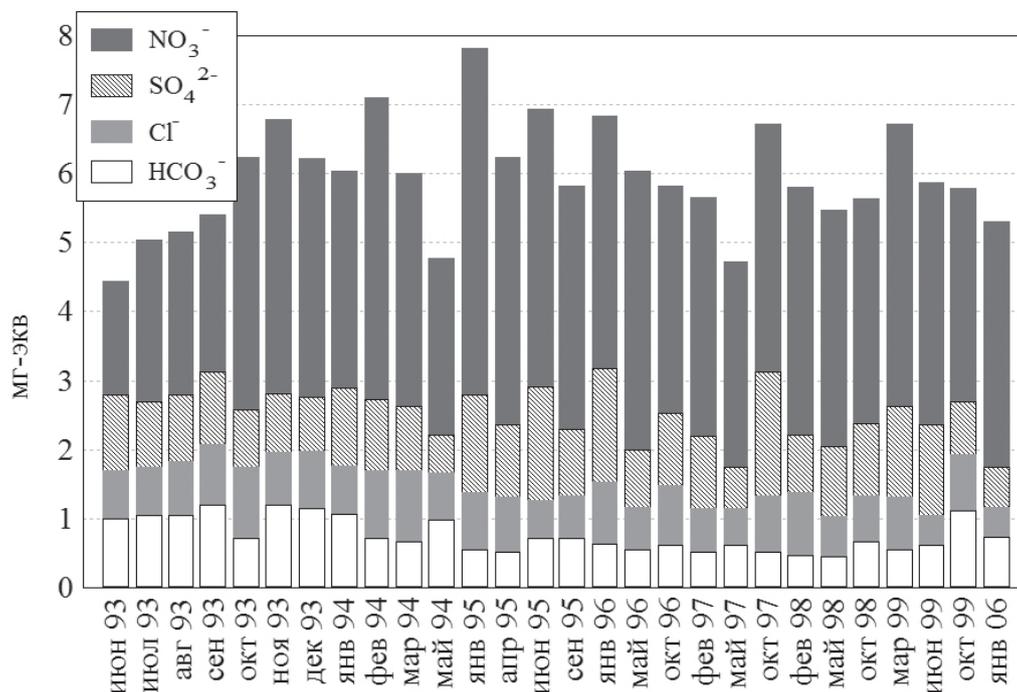


Рис. 4.5. Изменения анионного состава воды в колодце № 18 в 1993–2006 гг.

Рассматривать родники на территории города как источник питьевой воды не следует. Они являются ландшафтными образованиями, могут быть включены в архитектурные проекты, композиции и т. д. А на окраинах города, где родники пока еще сохранили естественное состояние, необходимы конкретные меры по охране подземных вод. В полной мере это касается и других населенных пунктов Карелии.

Отметим, что исследования в Финляндии позволили определить положительную тенденцию в улучшении качества подземной воды за последние 20 лет (Lahermo et al., 2000). К сожалению, отсутствие регулярных масштабных наблюдений в Карелии не дает возможности судить о региональной направленности процесса загрязнения подземных вод, но, судя по результатам мониторинга на локальном участ-

ке (территория г. Петрозаводска), изменений в лучшую сторону в загрязненных источниках не наблюдается (Лозовик, Бородулина, 2009). Это и неудивительно, так как остается неизменной экологическая обстановка в областях питания этих источников, расположенных в старых районах города, где сохраняются частные застройки. Низкая температура подземных вод (как правило, 5–7 °С) отрицательно сказывается на процессе микробиологической денитрификации, поэтому дальнейшая трансформация поступившего в подземные воды азота не происходит, и концентрации NO₃⁻ не снижаются при наличии постоянных источников загрязнения. При этом происходит метаморфизация химического состава подземных вод, нередко NO₃⁻ становится преобладающим анионом (рис. 4.5).

4.3. РОЛЬ ПОДЗЕМНОГО СТОКА В ФОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД*

Высокое загрязнение подземных вод по NO_3^- не только делает непригодными для питья источники водоснабжения, но и влияет на солевой баланс водоемов, на водосборе которых существуют очаги загрязнения. Подземный сток непосредственно в озера Карелии (минуя речную сеть) по отношению к общему речному стоку выражается небольшой величиной – 0,5–20 %. В то же время доля ионного подземного стока в солевом балансе озер сравнима с речным. При этом с подземным стоком поступает в 2–10 раз большее количество NO_3^- (Zektser et al., 2006; Бородулина, 2011).

Влияние подземных вод на формирование химического состава поверхностных вод является важным фактором. Известно, что существует вполне закономерная связь минерализации речных вод с коэффициентом подземного питания (доля подземного стока в общем речном стоке) (Поленов и др., 1987). Исследования-

ми установлено, что минерализация подземных вод в несколько раз выше минерализации поверхностных вод, поэтому с увеличением доли подземных вод в общем стоке реки повышается минерализация речных вод. Это хорошо иллюстрируется на примере р. Неглинки, наблюдения за электропроводностью и pH воды которой были проведены в устье реки (ул. Федосовой) в 2009–2013 гг., наиболее детально – в 2012 г. (60 измерений). На рис. 4.6 видно, что в зимнюю межень, которая по годам в зависимости от климатических условий устанавливается в период с декабря по апрель, минерализация воды постепенно возрастает и достигает максимальных значений, после чего с началом весеннего таяния снега резко понижается – почти в 10 раз. Низкая минерализация воды в реке отмечается до конца мая, а летом и осенью величина ее колеблется в пределах 100–400 мкСм/см в зависимости от количества атмосферных осадков.

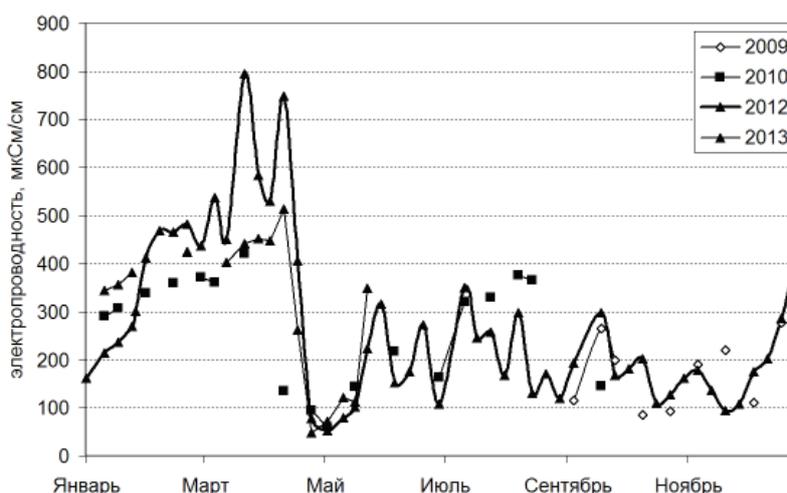


Рис. 4.6. Изменение величины электропроводности воды в р. Неглинке по сезонам (2009–2013 гг.)

Кислотно-щелочные свойства воды изменяются соответственно: относительно постоянные значения pH (7,5–7,8) в зимнюю межень, резкое по-

нижение в апреле – мае (в конце апреля 2013 г. зафиксировано минимальное значение pH 5,3) и значительные колебания в летне-осенний

* Раздел написан с участием А. А. Дийкова.

период (до рН 8,2 в сухом августе 2010 г. и 6,6 в многоводном октябре 2009 г.) (рис. 4.7). Устойчивый уровень рН 7,3–7,6 в зимнюю межень

2001 и 2002 гг. с понижением до рН 5,8–6,5 в период половодья был установлен и в 0,7 км выше по течению реки (Сазонова и др., 2003).

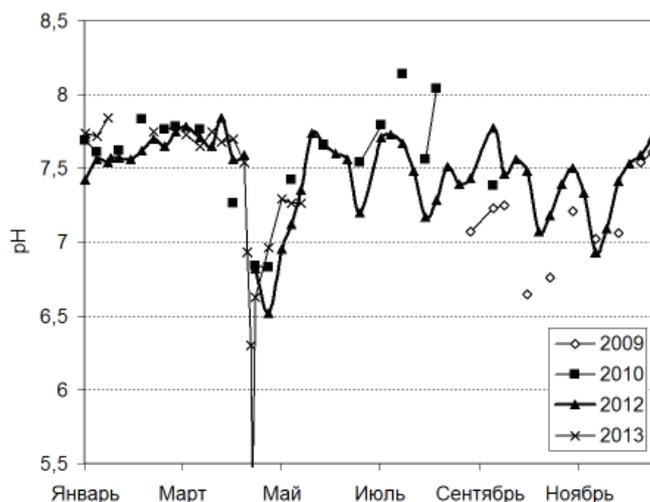


Рис. 4.7. Изменение величины рН воды в р. Неглинке по сезонам (2009–2013 гг.)

Наблюдая такие большие годовые колебания показателей химического состава воды в реке, следует подчеркнуть, что, оперируя единичными анализами воды, можно получить неверное представление об условиях и процессах формирования качества воды.

В июле 2011 г. такой показатель, как жесткость воды, имеющий сильную положительную корреляционную связь с минерализацией, был прослежен на всем протяжении рек Неглинки и

Лососинки в пределах города (по 6 станциям) (рис. 4.8). Жесткость воды в р. Лососинке мало изменяется по течению (0,82–0,95 ммоль/л), понижаясь после впадения притоков. В Неглинке же жесткость воды вниз по течению увеличивается на порядок (от 0,28 до 3,6 ммоль/л). Не исключая фактор загрязнения вод реки, значительное увеличение жесткости и минерализации воды в целом можно связать с влиянием подземного стока.



Рис. 4.8. Изменение общей жесткости (ммоль/л) в воде рек Неглинка и Лососинка (июль 2011 г.)

Таблица 4.2. Химический состав воды родников и Каменного карьера, мг/л

Показатели, компоненты	Каменный карьер	Родник ул. Репникова	Родник ул. Ключевая
	6.04.2010	13.03.2012	13.03.2012
pH	7,6	6,5	6,4
Электропроводность, мкСм/см	404	308	701
Na ⁺	36,6	27,0	59,8
K ⁺	3,4	3,2	5,1
Ca ²⁺	30,3	20,3	45,0
Mg ²⁺	9,1	9,1	24,9
HCO ₃ ⁻	100,7	83,2	195,3
Cl ⁻	55,6	33,2	86,6
SO ₄ ²⁻	30,8	19,4	40,5
NO ₃ ⁻	0,13	16,6	42,3
NO ₂ ⁻	0,01	0,01	0,01
Формула ионного состава	$\frac{\text{HCO}_3\text{43Cl41SO}_4\text{16}}{\text{Na41Ca38Mg19}}$	$\frac{\text{HCO}_3\text{46Cl32SO}_4\text{13NO}_3\text{9}}{\text{Na39Ca34Mg25}}$	$\frac{\text{HCO}_3\text{45Cl34SO}_4\text{12NO}_3\text{9}}{\text{Na37Ca32Mg29}}$

Интересным является такой городской водный объект, как затопленный Каменный карьер. Формирование химического состава воды в карьере связано с разгрузкой подземных вод. Минерализация воды достигает высоких для поверхностных объектов величин (электропроводность 400 мкСм/см), что обусловлено высокими концентрациями натрия, кальция, хлор-иона. Сравнивая химический состав воды карьера и двух родников в его окрестностях (пробы взяты в марте-апреле – времени зимней межени, когда отсутствует атмосферное питание), можно заметить, что, несмотря на вариации в концентрациях некоторых компонен-

тов, химический тип воды всех трех проб практически одинаков: по преобладающим компонентам гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциевый (табл. 4.2). Отличие наблюдается лишь в концентрации нитратов: в подземной воде их содержание значительно выше, чем в поверхностной. Это связано с внутриводоемными биохимическими процессами, которые протекают в поверхностных водах и практически отсутствует в подземных (см. раздел 3.2). Соединения азота в поверхностных водоемах являются одними из основных биогенных веществ и расходуются на питание растительных и животных организмов.

5. ПРОСТЕЙШИЕ МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ ВОДЫ МАЛЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ОРГАНИЗМАМ МАКРОЗООБЕНТОСА (ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ)

Малые реки, к которым относятся все водотоки г. Петрозаводска, уже давно стали модельным объектом для исследований по целому ряду наук и, прежде всего, по гидробиологии и гидроэкологии. Этому в немалой степени способствуют особенности этих водных объектов и их экосистем. Экологическое состояние малой реки определяется как природными (рельеф, климат, почвы, растительность, подземные воды, атмосфера), так и антропогенными факторами.

Малые речные бассейны весьма чувствительны к антропогенной нагрузке и отвечают на эту нагрузку негативными изменениями, которые ухудшают или ограничивают водопользование. В реках, где объем воды ограничен, любое антропогенное влияние проявляется значительно быстрее, чем в крупных речных системах. Экологическое состояние, химический состав воды в них становятся одним из факторов, определяющих качество жизни жителей небольших населенных пунктов, расположенных вдоль их русел или на их притоках. Аккумулируя и вынося с территорий водосборов значительное количество загрязнений, малые реки, испытывающие интенсивное антропогенное воздействие, являются источниками хронического ухудшения качества вод своих естественных водоприемников. Особый научно-практический интерес представляют водотоки, впадающие непосредственно в водоемы, используемые для питьевого водоснабжения, поскольку к качеству такой воды предъявляются более высокие требования.

Для того чтобы деградация рек не стала неизбежной, необходимо в первую очередь проводить постоянное наблюдение за качеством природных водоемов, охватывая как можно больше различных показателей, среди которых гидробиологические показатели являются важнейшим элементом системы контроля загрязнения водной среды. В настоящее время системы мониторинга поверхностных вод как в Рос-

сии, так и за рубежом претерпели существенные изменения. Основа этих изменений – существенное возрастание роли биологического контроля, основанного на методах биоиндикации. Основной причиной перехода на биологический контроль является тот факт, что сообщества водных организмов отражают совокупное воздействие факторов среды на состояние водных экосистем и качество поверхностных вод. Тем не менее физические и химические методы контроля по-прежнему являются важной составляющей единой системы мониторинга поверхностных вод (Семенченко, 2004).

Многообразие гидробионтов и сложность их взаимодействия как между собой, так и с окружающей средой, подвергающейся различным видам антропогенного воздействия, послужили причиной создания многочисленных методов биологической оценки качества природных вод, или биоиндикации. Этот способ наблюдений основан на том, что живые организмы обладают различной чувствительностью к качеству воды, поэтому по разнообразию живущих в водоеме организмов можно судить о его состоянии, степени загрязненности. Преимущество использования биотических параметров заключается в их большей надежности и объективности. Состояние биоты определяется всем состоянием среды и четко реагирует на негативные воздействия любого происхождения, независимо от их учета и степени изученности (Дьячков, 1984; Алимов, 1989, 1994; Криволюцкий, 1990; Соколов и др., 1990; Шуйский, 1997 и многие другие).

Труд Р. Колквитца (Kolkwitz) и М. Марссона (Marsson), опубликованный в 1902 г., по праву можно считать первой фундаментальной работой в области биологической оценки качества вод. В своей работе авторы продемонстрировали некоторые закономерности исчезновения и повторного появления организмов: водорослей, простейших, макробеспозвоночных и рыб, как следствие воздействия загрязняю-

щих веществ органической природы. Позднее те же авторы опубликовали работу, где некоторые наиболее часто встречающиеся организмы получили свой индекс сапробности, символизирующий предпочтение вида или таксона к водоему той или иной степени сапробности. Разработанная Р. Колквитцом и М. Марссоном система сапробности нашла широкое применение и считается сегодня классической (Макрушин, 1974). По предложенной шкале водоемы или их зоны в зависимости от степени загрязнения органическими веществами подразделяются на поли-, мезо- и олигосапробные. Оценка степени загрязнения водоемов по индикаторным организмам, так называемый сапробиологический анализ, обычно производится с помощью системы Колквитца–Марссона или различных ее модификаций. Суть их заключается в выявлении видов-индикаторов для оценки степени сапробности (загрязнения) вод.

В качестве биоиндикаторов качества водной среды, состояния гидросистем и их антропогенных изменений могут использоваться практически любые гидробионты, их популяции и сообщества. Однако общепризнано, что наиболее удобным, информативным и надежным биоиндикатором состояния водной среды и ее антропогенных изменений является зообентос. Макрозообентос – это совокупность беспозвоночных с размером тела свыше 2 мм, населяющих дно водоемов, водную растительность, а также другие субстраты. Продолжительность жизненных циклов организмов зообентоса, по сравнению с планктонными организмами, существенно выше. Кроме того, донные беспозвоночные, в основном, ведут оседлый образ жизни, поэтому состояние зообентоса четко характеризует экологическое состояние не только водоема или водотока в целом, но и конкретных его участков. Таким образом, из всех сообществ гидробионтов именно зообентос наиболее стабилен в пространстве и времени, и его характеристики преимущественно определяются общим состоянием среды, основным направлением сукцессии экосистемы (Абакумов и др., 1981; Руководство., 1992). В мировой практике используется свыше 60 методов мониторинга, включающих различные характеристики зообентоса: от простейших (численности и биомассы) до многомерных методов сравнения структуры сообществ (Баканов, 2000). Применение любой системы биоиндикации предполагает определение таксономической принадлежности найденных организмов. Однако систематика беспозвоночных (даже макроформ) весьма сложна, и достоверное определение их до вида неспециалистами, как пра-

вило, невозможно. Отчасти поэтому широкое распространение получили показатели, основанные на учете тотального макрозообентоса, его функциональных групп и таксонов надвидового ранга.

Ниже рассмотрены основные биотические индексы, которые наиболее широко применяются в целях биоиндикации водотоков как в России, так и в странах ЕС в рамках Европейской Водной Директивы. Один из них был разработан Ф. Вудивиссом (Вудивисс, 1977) для индикации воды небольшой реки Трент (Великобритания). Это наиболее распространенный индекс, широко используемый в странах ЕС, СНГ и остальном мире. Система оценки качества воды, которую называют биотическим индексом Вудивисса (Индекс реки Трент, ТВИ), объединяет как общее разнообразие, так и наличие индикаторных «групп» донных организмов. При повышении степени загрязненности водоема представители этих групп исчезают из сообщества примерно в том порядке, в каком они приведены в табл. 5.1. Для определения биотического индекса Вудивисса нет необходимости проводить трудоемкие таксономические определения, поскольку автор пользуется понятием «группа». «Группа» – это для одних животных отдельные виды, для других, трудно определяемых – более крупные таксоны. По сумме «групп» и качественному составу населения рассчитываются значения биотического индекса р. Трент.

Таблица 5.1. Биотический индекс Вудивисса для оценки загрязнения водоемов

Наличие индикаторных групп	Всего найдено «групп»					
	0–1	2–5	6–10	11–15	16–20	Более 20
Веснянки >1 вида	–	7	8	9	10	11
1 вид	–	6	7	8	9	10
Поденки * >1 вида	–	6	7	8	9	10
1 вид	–	5	6	7	8	9
Ручейники >1 вида	–	5	6	7	8	9
1 вид	4	4	5	6	7	8
Бокоплав (личинки мошек)	3	4	5	6	7	8
Водяной ослик	2	3	4	5	6	7
Олигохеты и (или) личинки хирономид (комаров-звонцов)	1	2	3	4	–	6
Отсутствуют все названные группы, виды с воздушным дыханием (крыска)	0	1	2	–	–	–

Примечание. * – кроме вида *Baetis rhodani*.

Группы для определения биотического индекса:

- все известные виды плоских червей (Plathelminthes);
- малощетинковые черви (Oligochaeta), исключая род *Nais*;
- все известные виды пиявок (Hirudinea);
- моллюски (Mollusca);
- ракообразные (Crustacea);
- водные клещи (Acarina);
- личинки поденок (Ephemeroptera), исключая *Vaëtis rhodani*;
- личинки веснянок (Plecoptera);
- личинки ручейников (Trichoptera);
- личинки вислокрылок (Megaloptera);
- жуки (Coleoptera);
- имаго и личинки клопов (Hemiptera);
- семейство мошек (Simuliidae);
- комаров-звонцов (Chironomidae), кроме *Chironomus thummi*;
- личинка *Ch. thummi*.

Например, в пробе не встречено личинок веснянок, но встречен 1 вид личинок поденок. Значит, нас интересует 4-я сверху строка в таблице. Допустим, кроме того, в пробе найдены пиявки, улитки, водяной ослик, 2 семейства ручейников и хирономиды – всего (считая поденку) 7 групп. Соответственно, индекс Вудивисса равен 6.

Опыт применения метода Вудивисса в условиях Карелии вызвал необходимость его модификации с учетом некоторых региональных особенностей фауны. Так, в составе зообентоса большинства обследованных рек редко или вообще не встречается индикаторная или, согласно Вудивиссу, «ключевая» группа организмов – бокоплав. Она заменена в таблице на *Simuliidae* (личинки мошек), которые широко представлены в водотоках во все сезоны года и аналогично последним реагируют на загрязнение (Кухарев, 1986). Общее число «групп» Вудивисса потенциально довольно велико за счет большого

числа видов планарий и семейств ручейников. При невозможности определения семейств ручейников и видов планарий следует считать отдельно каждую их новую форму – планарий разных цветов и ручейников с разными типами домиков (Чертопруд, 1999).

Биотический индекс (ТБИ) имеет четырехбалльную градацию и характеризует сапробность водоема (табл. 5.2).

Таблица 5.2. Соответствие индекса Вудивисса состоянию ручья

Диапазоны значений	Показатель качества
1	Сильно загрязненная
2–3	Загрязненная
4–5	Умеренно загрязненная
6–10	Чистая

Биотический индекс Скотта (по: Практическое руководство..., 2006)

Предлагаемый индекс Скотта является одним из самых простых для вычисления, но достаточно надежных (табл. 5.3). В том случае, когда не требуется детальная идентификация животных до вида, достаточно рассортировать их на три следующие группы, которые различаются по степени чувствительности к загрязнению:

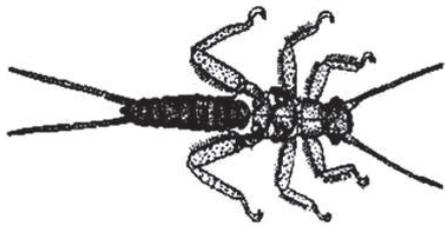
Группа I включает чувствительные к загрязнению организмы, такие как поденки, веснянки и ручейники, которые не плетут сетей. Эти организмы типичны для чистых вод (рис. 5.1).

Группа II включает отчасти устойчивые (толерантные) к загрязнению организмы, такие как ручейники, плетущие сети, речные раки, водяные ослики и двустворчатые моллюски (рис. 5.2).

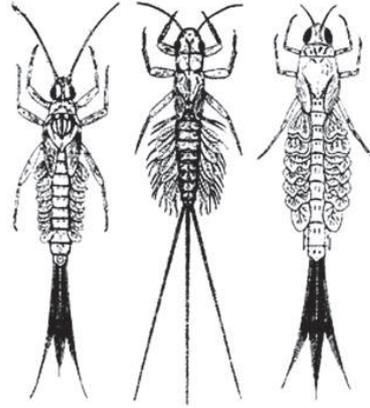
Группа III включает толерантные к загрязнению организмы, такие как малощетинковые черви, пиявки и личинки хирономид (рис. 5.3).

Таблица 5.3. Вычисление индекса Скотта

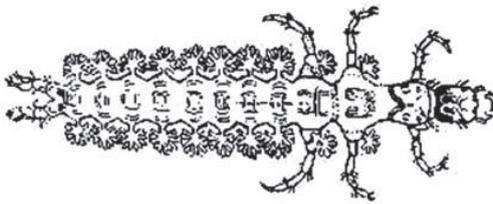
Группа I	Численность	Группа II	Численность	Группа III	Численность
Чувствительные к загрязнению		Довольно устойчивые к загрязнению		Устойчивые к загрязнению	
Ручейник	13	Речной рак	3	Личинки хирономид	24
Веснянка	3	Бокоплав	114		
Поденка	14	Сиалис	15		
Количество групп	3	Количество групп	3	Количество групп	1
Множитель	3	Множитель	2	Множитель	1
Произведение 3 × 3	9	Произведение 3 × 2	6	Произведение 1 × 1	1
Сумма произведений – индекс Скотта			9 + 6 + 1		16



Личинка веснянки



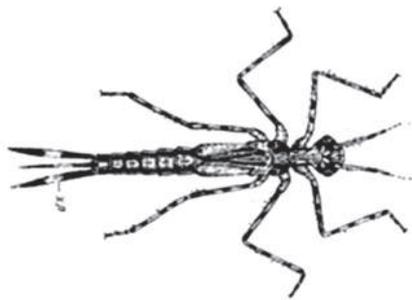
Личинки поденок



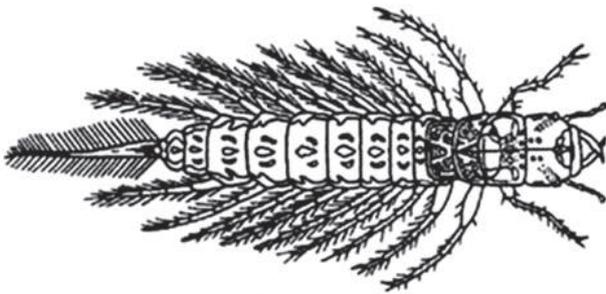
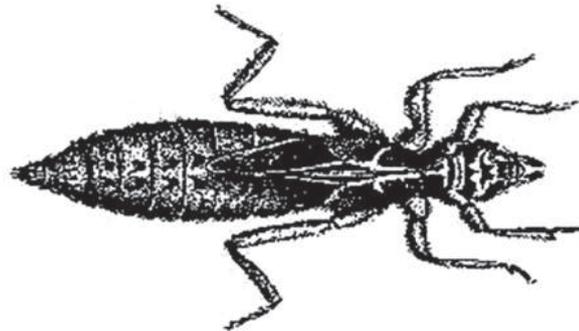
Личинка ручейника



Рис. 5.1. Организмы, типичные для чистых вод



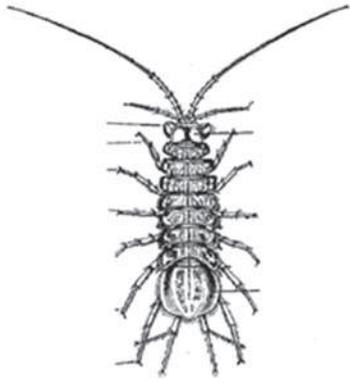
Личинка стрекозы



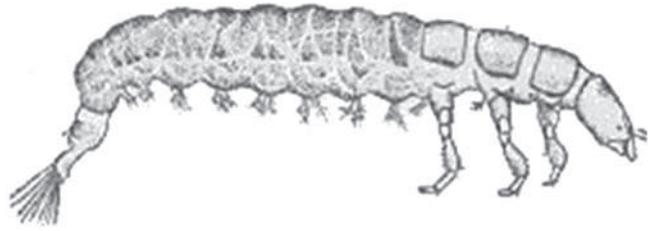
Личинка вислокрылки



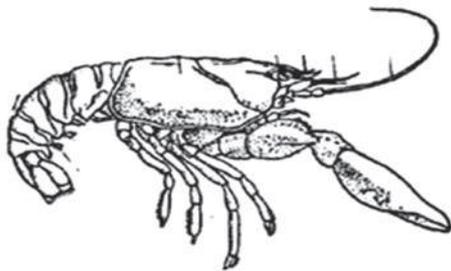
Личинка жука



Водяной ослик



Личинка ручейника, плетущего сети



Речной рак

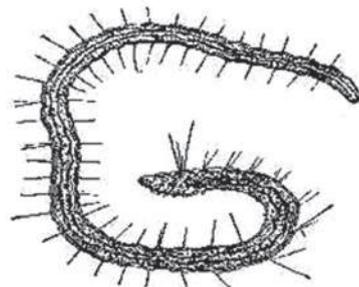


Двустворчатый моллюск

Рис. 5.2. Организмы, типичные для вод удовлетворительного качества



Личинки хирономид



Малощетинковые черви



Пиявка



Личинка мошки

Рис. 5.3. Организмы, типичные для вод плохого качества

После того как животные рассортированы по этим трем группам, можно сразу приступить к расчету самого индекса. Для этого следует число систематических групп умножить на соответствующий множитель и полученные произведения сложить между собой. Полученная сумма и является значением *индекса Скотта*. Затем в зависимости от того, в какой интервал попадает вычисленное значение индекса, определяется экологическое состояние водотока (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Соответствие индекса Скотта показателю состояния водотока

Состояние водотока по индексу Скотта	
>22	Отличное
17–22	Хорошее
11–16	Удовлетворительное
<16	Плохое

Метод Николаева

Для малых и средних рек Европейской России известна шкала и метод оценки качества вод Николаева (Николаев и др., 1992). Он является, по сути, упрощенным вариантом оценки сапробности по Пантле–Букку. Этот метод предполагает сбор качественных данных со всех донных субстратов реки и определение беспозвоночных до родов или семейств (табл. 5.5). По Николаеву, речные воды делятся на 6 классов по качеству (приблизительно соответствующие градациям сапробности):

- 1 – очень чистые (ксеносапробные);
- 2 – чистые (олигосапробные);
- 3 – умеренно загрязненные (β -мезосапробные);
- 4 – загрязненные (α -мезосапробные);
- 5 – грязные (β -полисапробные);
- 6 – очень грязные (γ -полисапробные).

При оценке по методу Николаева нужно для каждого класса качества вод в табл. 5.5 подсчитать число найденных таксонов; умножить его на значимость таксона (последняя строка табл. 5.5); выбрать класс качества вод, набравший наибольшее число очков. Особняком стоит 6-й класс качества вод, в котором макробентос не должен встречаться вообще (что и является критерием принадлежности к этому классу). Метод Николаева удовлетворительно работает для рек шириной 7–10 и более метров, т. е. кроме самых малых, для средних и сильных загрязнений. К слабым загрязнениям он мало чувствителен. Не рекомендуется применять его и для стоячих водоемов, в которых большинство использованных таксонов-индикаторов не встречаются вообще.

Таблица 5.5. Определение классов качества вод по Николаеву

Таксоны	Классы качества вод				
	1	2	3	4	5
Ручейник Rhyacophila	*	*			
Веснянки, кроме Nemoura	*	*			
Личинка мухи Atherix	*	*			
Бокоплав Gammarus	*	*	*		
Губки		*	*		
Беззубки (Anodonta, Pseudoanodonta)		*	*		
Жаберные улитки (Viviparus, Bithynia, Valvata)		*	*		
Речные раки (Astacus, Pontastacus)		*	*		
Ручейники: Neureclipsis, Molanna, Brachycentrus		*	*		
Стрекозы: Calopteryx, Plathycnemis		*	*		
Поденки: Ephemera, Polymitarcys		*	*		
Пиявки: Glossiphoniidae		*	*	*	
Перловицы (Unio, Crassiana)		*	*	*	
Водные клопы		*	*	*	
Поденки: Heptageniidae		*	*	*	
Вислокрылка Sialis		*	*	*	
Мошки Simuliidae		*	*	*	
Ручейники: Hydropsyche, Anabolia			*	*	
Стрекозы: Gomphidae			*	*	
Пиявки: Erpobdella, Haemopis, Piscicola			*	*	
Горошинки и шаровки (Pisidiidae)			*	*	
Водяной ослик Asellus aquaticus			*	*	*
Трубочник (Tubificidae), в массе				*	*
Мотыль (Chironomus), в массе				*	*
Личинка мухи Eristalis (крыска)				*	*
Значимость каждого таксона	25	6	5	7	20

Индекс Майера

Более просто определить качество воды можно с помощью индекса Майера (Заика, Молчанова, 2001). В этой методике, которая пригодна для любых типов водоемов, используется приуроченность различных групп водных беспозвоночных к определенным уровням загрязненности. Организмы-индикаторы отнесены к одному из трех разделов: X – обитатели чистой воды, Y – организмы средней чувствительности, Z – обитатели загрязненных водоемов (табл. 5.6).

Таблица 5.6. Индекс Майера

Обитатели чистых вод, X	Организмы средней степени чувствительности, Y	Обитатели загрязненных водоемов, Z
Нимфы веснянок	Бокоплав	Личинки комаров-звонцов
Нимфы поденок	Речной рак	Пиявки
Личинки ручейников	Личинки стрекоз	Водяной ослик
Личинки вислокрылок	Личинки комаров-долгоножек	Прудовики
Двустворчатые моллюски	Моллюски-катушки	Личинки мошки
	Моллюски-живородки	Малощетинковые черви

Количество обнаруженных в пробе групп из первого раздела таблицы необходимо *умножить на три*, количество групп из второго раздела – *на два*, а из третьего – *на один*. Получившиеся цифры складывают. Значение суммы и характеризует степень загрязненности водоема:

$$X \times 3 + Y \times 2 + Z \times 1 = S$$

По значению суммы *S* (в баллах) оценивают степень загрязненности водоема:

- более 22 баллов – водоем чистый и имеет 1-й класс качества;
- 17–21 балл. – 2-й класс качества;
- 11–16 баллов – умеренная загрязненность водоема, 3-й класс качества (β-мезосапробный);
- менее 11 – водоем грязный, 4–7-й класс качества (α-мезосапробный или же полисапробный).

Пример. В пробе обнаружены: веснянки – 1 вид; поденки – 2 вида; гидракарини – 2 вида; пиявки – 1 вид; бокоплав – 1 вид; моллюски – 3 вида (двустворчатые, катушки, прудовики); жуки – 2 вида; личинки жуков – 1 вид, личинки комаров-звонцов (хируномиды), олигохеты.

Проанализируем пробу по методу Майера. Из обнаруженных организмов *три* группы (веснянки, поденки, двустворчатые моллюски) указаны в *первом* (X) разделе таблицы, *две* (бокоплав и катушки) – во втором (Y) и *четыре* (пиявки, личинки комаров-звонцов, малоцетинковые черви, прудовики) – в *третьем* (Z). Гидракарини (водяные клещи), жуки и личинки жуков в таблице отсутствуют, поэтому при подсчете индекса они не учитываются. Индекс равен: $S = X \times 3 + Y \times 2 + Z \times 1 = 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2 + 4 \cdot 1 = 9 + 4 + 4 = 17$, что соответствует второму классу качества воды (чистая, олигосапробная).

Метод оценки загрязнения по литореофилам (по: Чертопруд, 1999)

Этот метод можно использовать специально для оценки низких уровней загрязнения ручьев и малых рек с быстрым течением (шириной от 1 до 10 м) средней полосы Европейской России. Он также предполагает сбор качественных данных по макробентосу, причем с плотных субстратов (предпочтительно камней, в худшем случае – коряг и листового опада). Эти субстраты населяют литореофилы – виды, наиболее требовательные к содержанию кислорода в воде и чувствительные к заилению. Определение нужно вести до семейств или родов. В качестве индикаторных таксонов используются личинки насекомых (веснянок, поденки и ручейников) и некоторые пиявки. Индикаторные таксоны разбиты на две

группы (табл. 5.7): А – чувствительные к загрязнению и недостатку кислорода и В – устойчивые к недостатку кислорода и увеличивающие обилие при органическом загрязнении и заилении.

Таблица 5.7. Литореофилы – индикаторы загрязнения

Чувствительные таксоны (группа А)	Устойчивые таксоны (группа В)
Веснянки: сем. Perlodidae	Веснянки: Nemoura (Nemuridae)
сем. Capniidae	Поденки: сем. Baetidae
сем. Leuctridae	сем. Caenidae
Поденки: Ecdyonurus (Heptageniidae)	Heptagenia (Heptageniidae)
Habrophlebia (Leptophlebiidae)	Ручейники: сем. Leptoceridae
Ручейники: сем. Rhyacophilidae	Hydropsyche (Hydropsychidae)
сем. Goeridae	Neureclipsis (Polycentropodidae)
сем. Glossosomatidae	Limnephilus (Limnephilidae)
Polycentropus (Polycentropodidae)	Пиявки: Erpobdella (Erpobdellidae)
Potamophylax (Limnephilidae)	сем. Glossiphoniidae

Для определения индекса нужно подсчитать в пробе число чувствительных к загрязнению таксонов (А) и устойчивых (В).

Если $A + B < 5$, то проба либо собрана некачественно, либо не на плотных субстратах, либо в речке с болотным питанием, либо загрязнение очень велико (для работ с такими водоемами рекомендуется индекс Вудивисса).

Если $A + B = 5$ или больше, оцениваем А/В:

- А/В равно 5 и более: водоем очень бедный органическим веществом сам по себе и без следов загрязнения человеком. В средней полосе такие встречаются крайне редко;
- 3–5: водоем незагрязненный, несущий естественный «фон» органического вещества. Таковы большинство быстрых речек и ручьев средней полосы Европейской России в лесных массивах без населенных пунктов;
- 2–3: водоем несет слабое, обычно косвенное, антропогенное загрязнение, или естественный «фон» органики повышен (вырубки в окружающем лесу, частичное заболачивание долины, бобровые запруды и т. п.);
- 1–2: налицо заметное, но не сильное антропогенное загрязнение;
- 0,5–1: загрязнение средней силы;
- 0–0,5: сильное загрязнение, с большой вероятностью имеет промышленный характер; начиная с этого уровня рекомендуется использовать другие меры загрязненности.

**Модификация индекса сапробности
Пантле–Букка для качественных данных
по рекам и ручьям (по: Чертопруд, 2010)**

Метод Пантле–Букка в классической модификации Сладечека – универсальный индекс, применяемый на любых водоемах, использующий и планктон, и бентос. Разработан для четырехбалльной системы сапробности Колквитца–Марссона. Один из наиболее известных методов биоиндикации, применяется в Гидрометеослужбе России.

Однако он имеет два крупных недостатка: требует сбора и обработки количественных проб (что весьма трудоемко) и определения животных до вида (что вообще не всегда возможно). Кроме того, известные для этого индекса списки видов-индикаторов составлены в Западной Европе и не включают многие виды Европейской России. Новая модификация индекса сапробности Пантле–Букка для рек и ручьев центра Европейской России позволяет существенно упростить анализ сапробности, одновременно повысив его чувствительность. Первым шагом в оценке сапробности также является сбор и определение макробентоса изучаемого водотока (со всех доступных донных субстратов) и составление списка найденных таксонов. Допустимо отбирать животных длиной 5 мм и больше. Определение нужно довести до уровня семейства (более точные определения требуются редко, см. ниже).

$$I = \frac{\sum (S * J)}{\sum J}$$

где S – сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона (от 0 до 4), J – его индикаторный вес (от 1 до 4). Показатели S и J приведены в таблице. Сапробность таксона показывает, в водах какой степени загрязненности он обычно встречается, а индикаторный вес – насколько узок диапазон загрязнения, характерный для таксона.

Значения индекса, как и у индекса Пантле–Букка в классической модификации, изменяются от 0,5 до 4,0 и трактуются аналогично.

В качестве индикаторов выбраны 44 таксона (табл. 5.8). Сапробность каждого таксона для удобства вычисления индекса округлена с точностью до 0,5. Во всех случаях, кроме одного (*Tubificidae*), индикатором является нахождение таксона в пробе, без оценки его обилия. Представителей *Tubificidae* предлагается учитывать (как индикатор полисапробных условий) только при наличии их «в массе» (не менее 1 экз. на 1 см²; при этом они доминируют в сообществе по численности наряду с личинками *Chironomidae*).

Таблица 5.8. Список индикаторов сапробности для индекса Пантле–Букка в модификации для рек и ручьев центра Европейской России

Таксоны	Сапробное значение	Индикаторный вес
Стрекозы		
<i>Gomphidae</i>	2	1
<i>Calopterygidae</i>	2,5	1
<i>Plathycnemididae</i>	3	1
<i>Coenagrionidae</i>	3,5	1
Поденки		
<i>Ecdyonurus</i>	1	2
<i>Habrophlebia</i>	1	2
<i>Ephemerellidae</i>	1,5	2
<i>Ephemerellidae</i>	2	2
<i>Leptophlebia</i>	2	1
<i>Heptagenia</i>	2,5	2
<i>Caenidae</i>	2,5	2
<i>Siphonuridae</i>	2,5	1
Веснянки		
<i>Perlodidae</i>	1	3
<i>Leuctridae</i>	1	2
<i>Capniidae</i>	1	2
Клопы		
<i>Aphelecheiridae</i>	2	2
<i>Corixidae</i>	2,5	1
<i>Notonectidae</i>	3	1
Жуки		
<i>Dytiscidae</i>	2,5	1
<i>Halplidae</i>	2,5	1
Ручейники		
<i>Glossosomatidae</i>	0,5	4
<i>Goeridae</i>	1	3
<i>Rhyacophilidae</i>	1	2
<i>Polycentropodidae</i>	1,5	2
<i>Brachycentridae</i>	2	2
<i>Molannidae</i>	2	1
<i>Hydroptilidae</i>	2,5	2
<i>Leptoceridae</i>	2,5	2
<i>Limnephilidae</i> , триба <i>Stenophylacini</i>	1,5	1
<i>Limnephilidae</i> , триба <i>Limnephilini</i>	2,5	1
Ракообразные		
<i>Gammaridae</i>	2,5	2
<i>Asellidae</i>	3	2
Пиявки		
<i>Glossiphoniidae</i>	2,5	1
<i>Piscicolidae</i>	2,5	1
<i>Erpobdellidae</i>	3	1
Олигохеты		
<i>Tubificidae</i> (в массе)	4	2
Брюхоногие моллюски		
<i>Ancylidae</i>	1,5	1
<i>Acroloxidae</i>	2,5	1
<i>Lymnaeidae</i>	2,5	1
<i>Bithyniidae</i>	2,5	1
<i>Physidae</i>	3	1
<i>Planorbidae</i>	3	1
<i>Valvatidae</i>	3	1
Двустворчатые моллюски		
<i>Unionidae</i>	2,5	1

Данные о качестве воды, полученные при помощи биологических методов, можно соотнести с официально принятыми показателями: классами качества воды (ККВ) и уровнями сапробности (табл. 5.9). Поскольку все приведенные выше ин-

дексы и методы призваны измерять одно и то же, их величины должны соответствовать друг другу. Однако на практике, в силу сложности природы и несовершенства любой из описанных методик, это соответствие наблюдается далеко не всегда.

Таблица 5.9. Соответствие различных индексов качества воды

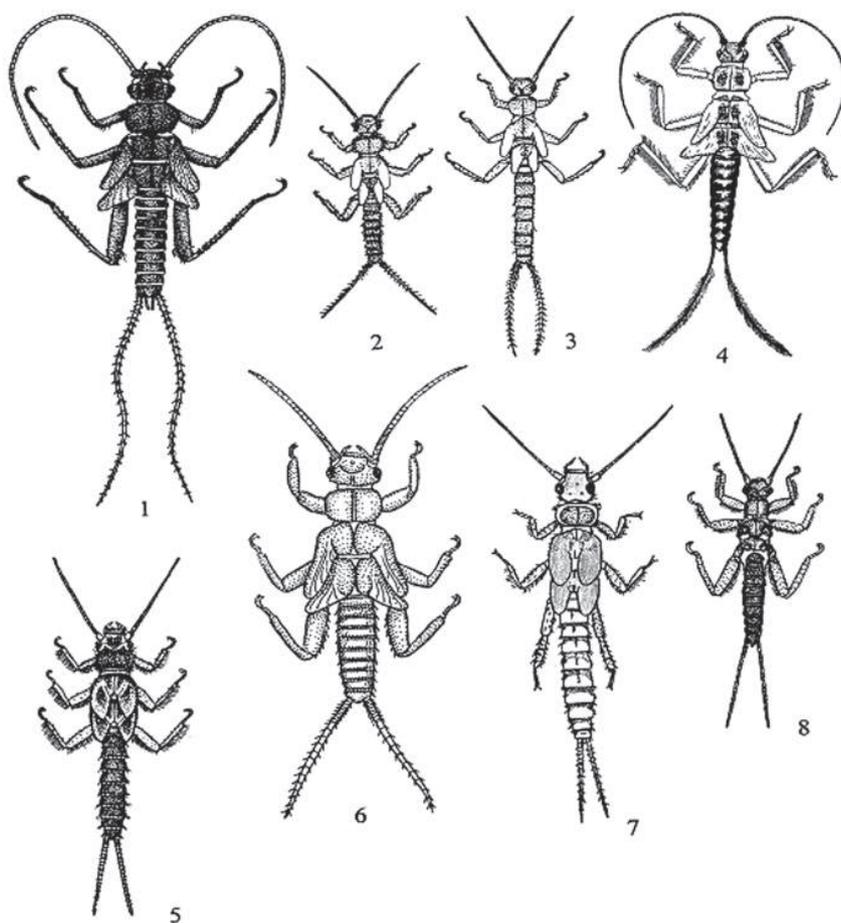
Класс вод по Николаеву	Характеристика сапробности	ККВ	Индекс Пантле–Букка	Индекс Вудивиса*	Индекс литореофилов	Индекс Майера
1 – очень чистые	Ксеносапробные	I	<1,0	8–10	>3	>22
2 – чистые	Олигосапробные	II	1–1,5	5–7	2–3	17–21
3 – умеренно загрязненные	β-мезосапробные	III	1,5–2,5	3–4	1–2	11–16
4 – загрязненные	α-мезосапробные	IV	2,5–3,5	1–2	0–1	<11
5 – грязные	β-полисапробные	V	3,5–4,0	0–1	–	<11
6 – очень грязные	α-полисапробные	VI	>4,0**	0**	–	<11

Примечание. * – для мягких грунтов (для твердых существенно выше); ** – макробентос может отсутствовать вообще.

В заключение отметим, что представленные индексы позволяют быстро оценивать степень загрязнения малых водоемов и водотоков, не требуя больших материальных затрат и высокой квалификации исполнителей. Конечно, точность их невысока, и полученные результаты следует считать предварительными. Тем не менее, если проводить исследования регулярно в течение какого-то

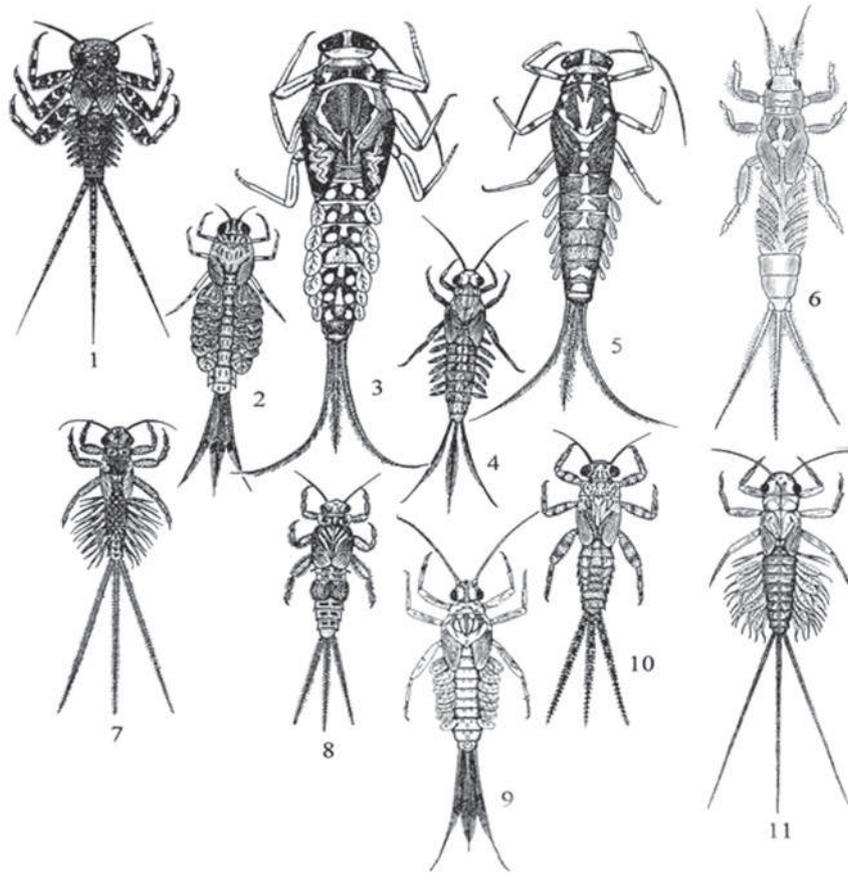
времени и сравнивать полученные сведения, то даже с использованием этих простых методов можно уловить изменения в состоянии водоема.

На рис. 5.4–5.16 показаны наиболее распространенные донные организмы – обитатели малых водоемов и водотоков (Жадин, 1952; Хейсин, 1962; Яшнов, 1969; Определитель..., 1977; Чертопруд, Чертопруд, 2010).



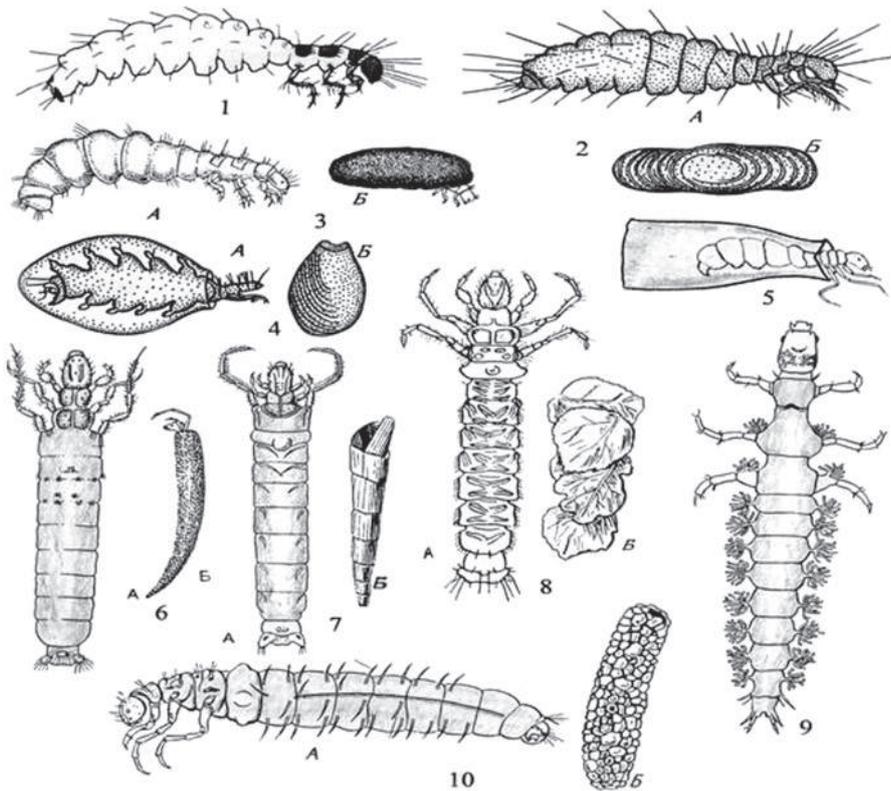
- 1 – *Nemurella pictetii*,
- 2 – *Leuctra nigra*,
- 3 – *L. hippopus*,
- 4 – *Nephelopteryx nebulosa*,
- 5 – *Chloroperla burmeisteri*,
- 6 – *Nemoura* sp.,
- 7 – *Chloroperla apicalis*,
- 8 – *Capnia bifrons*

Рис. 5.4. Личинки веснянок

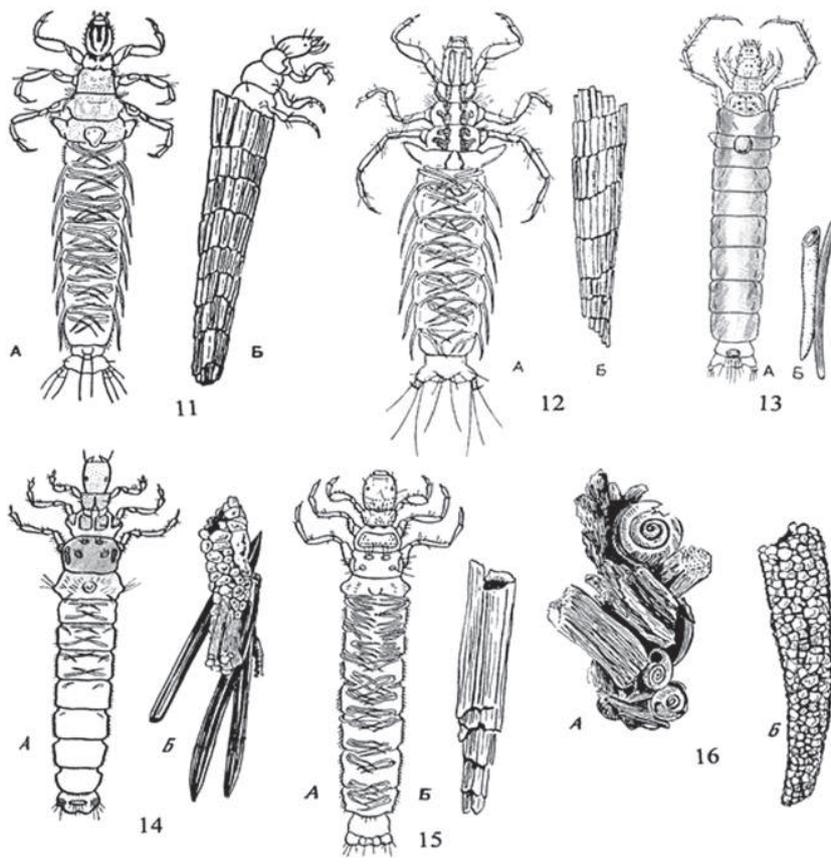


- 1 – *Heptagenia sulfurea*,
- 2 – *Siphonurus linneatus*,
- 3 – *Baetis rhodani*,
- 4 – *Centroptilum luteolum*,
- 5 – *Nigrobaetis niger*,
- 6 – *Ephemera* sp.,
- 7 – *Paraleptophlebia submarginata*,
- 8 – *Caenis macrura*,
- 9 – *Cloeon dipterum*,
- 10 – *Ephemerella ignita*,
- 11 – *Leptophlebia vespertina*

Рис. 5.5. Личинки поденок

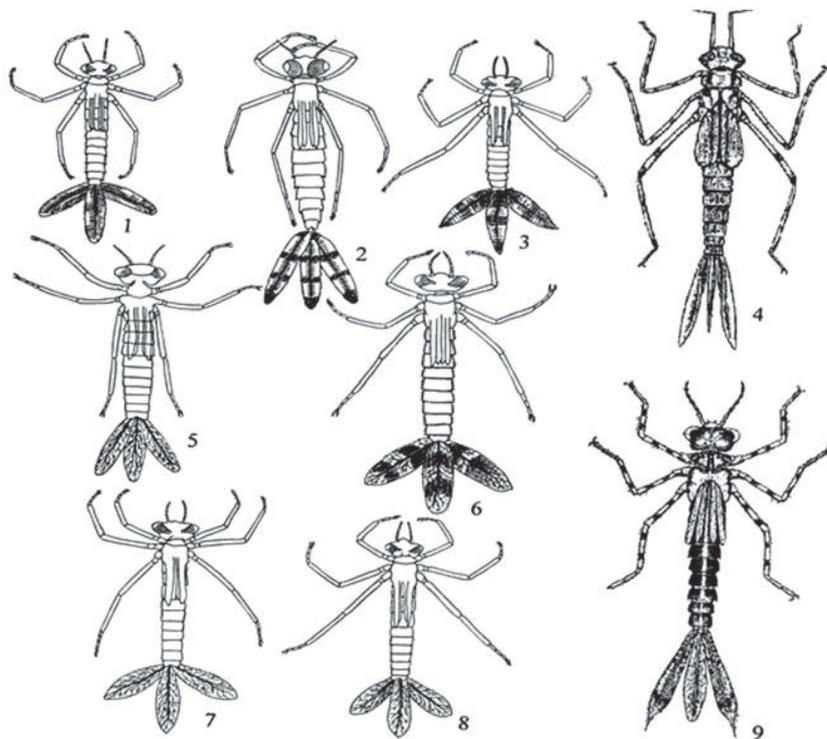


- 1 – типичная личинка сем. *Hydroptilidae*,
- 2 – *Agraylea multipunctata*,
- 3 – *Hydroptila* sp.,
- 4 – *Ithytrichia lammellaris*,
- 5 – *Oxyethira* sp.,
- 6 – *Leptocerus* sp.,
- 7 – *Triaenodes* sp.,
- 8 – *Glyphotaelius* sp.,
- 9 – *Rhyacophila* sp.,
- 10 – *Stenophylax* sp.
- А – личинки,
- Б – чехлики



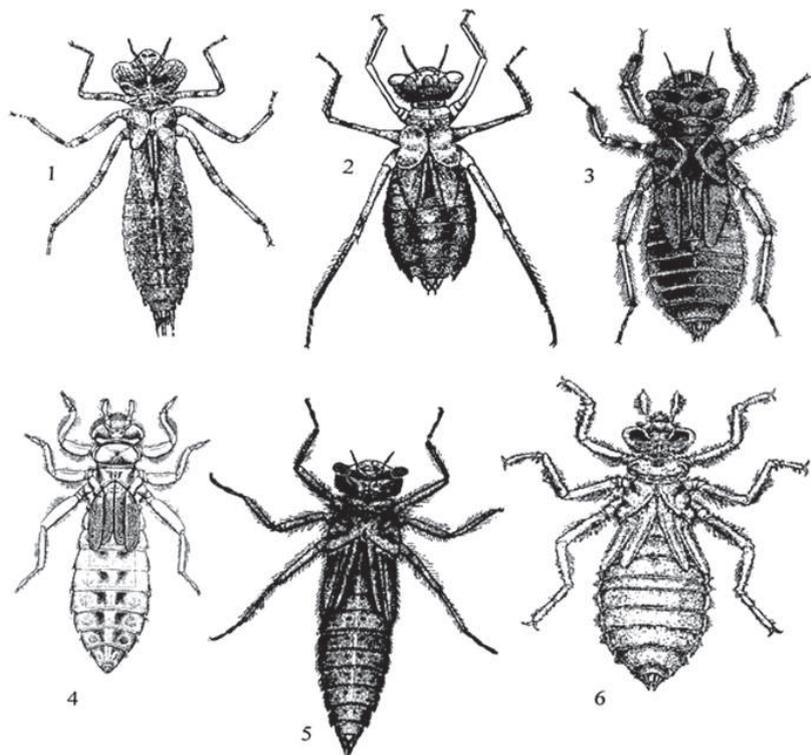
11 – *Phryganea* sp.,
 12 – *Neuronia* sp.,
 13 – *Mystacides* sp.,
 14 – *Chaetopteryx* sp.,
 15 – *Grammotaulius* sp.,
 А – личинки,
 Б – чехлики;
 16 – чехлики ручейников
 (А – *Limnephilus rhombicus*,
 Б – *L. vittatus*)

Рис. 5.6. Личинки ручейников



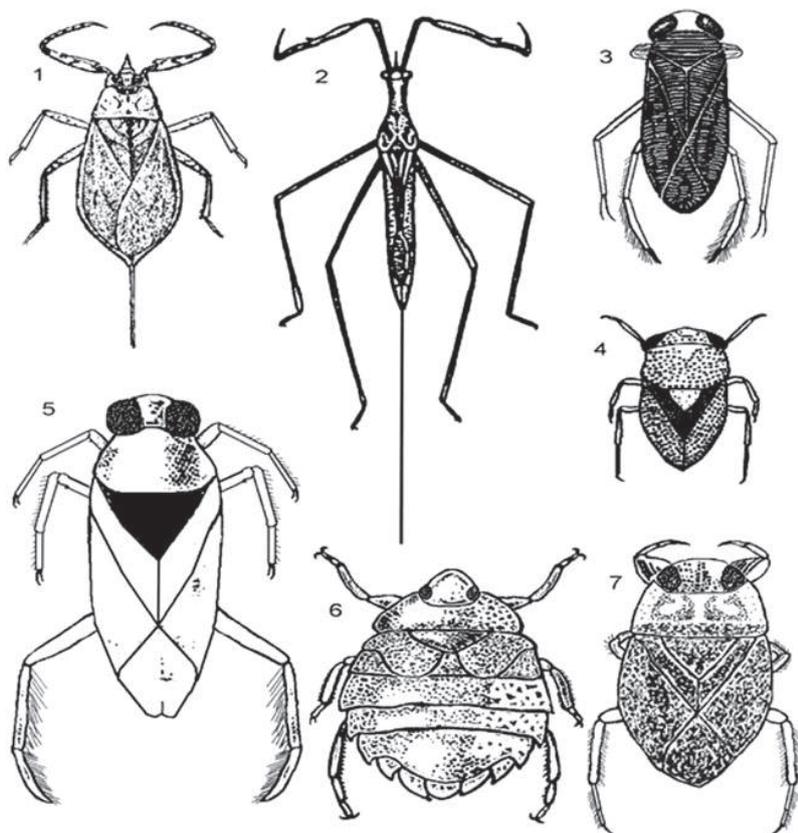
1 – *Chalcolestes viridis*,
 2 – *Lestes sponsa*,
 3 – *L. nympha*,
 4 – *Calopteryx*,
 5 – *Enallagma cyathigerum*,
 6 – *Erythromma najas*,
 7 – *Coenagrion puella*,
 8 – *C. pulchellum*,
 9 – *Platycnemis*

Рис. 5.7. Равнокрылые стрекозы



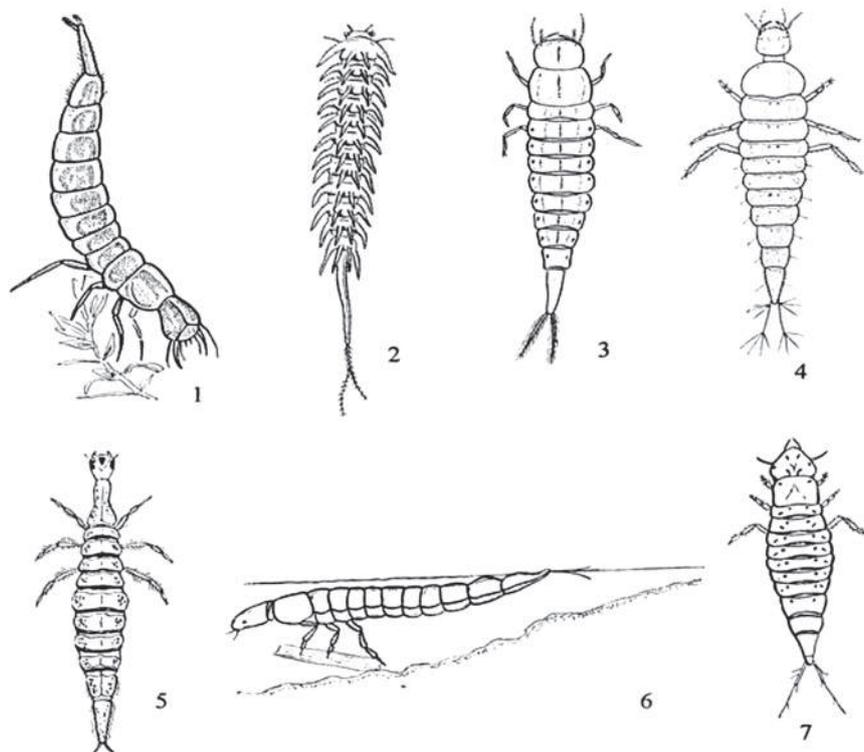
1 – *Aeschna*,
 2 – *Sympetrum*,
 3 – *Libellula*,
 4 – *Stylurus flavipes*,
 5 – *Cordulegaster*,
 6 – *Ophiogomphus*

Рис. 5.8. Разнокрылые стрекозы



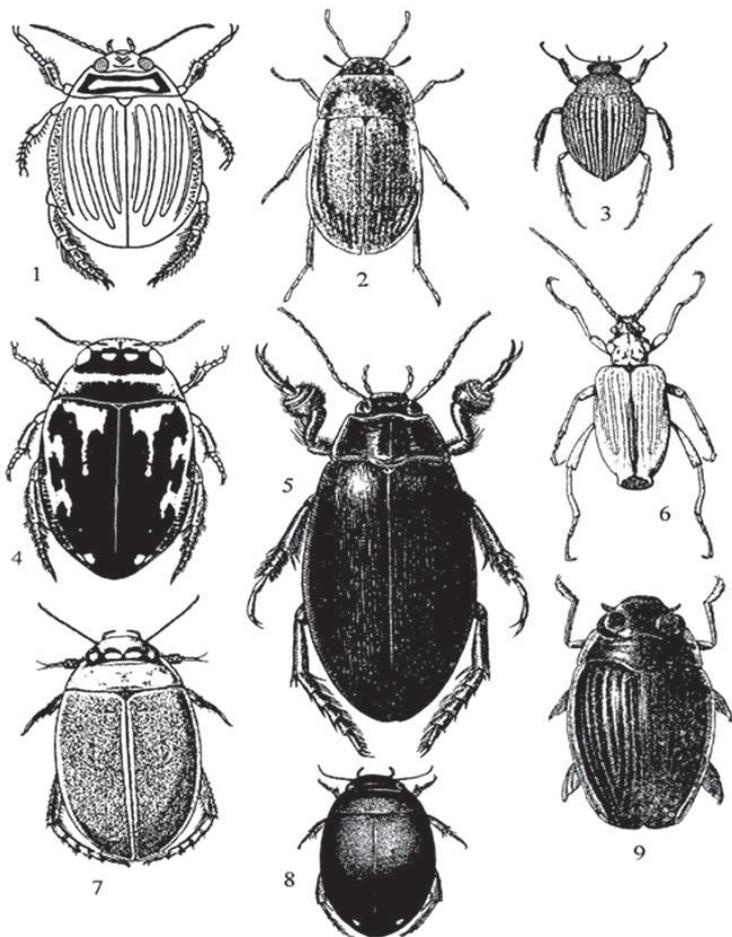
1 – *Nepa cinerea*,
 2 – *Ranatra linearis*,
 3 – *Sigara*,
 4 – *Plea minutissima*,
 5 – *Notonecta glauca*,
 6 – *Aphelocheirus aestivalis*,
 7 – *Ilyocoris cimicoides*

Рис. 5.9. Клопы (по М. В. Чертопруд, Е. С. Чертопруд)



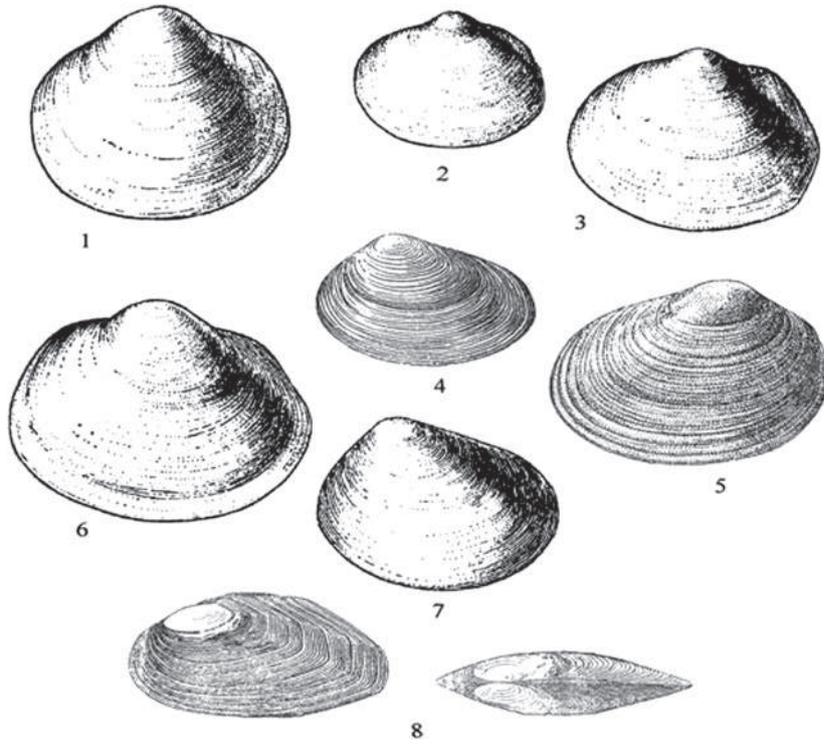
1 – личинка плавунца (*Dytiscus*),
 2 – личинка плавунчика (*Halipplus*),
 3 – личинка ильника (*Rhantus*),
 4 – личинка тинника (*Ilybius*),
 5 – личинка полоскуна (*Acilius*),
 6 – личинка гребца (*Agabus*),
 7 – личинка нырялки (*Hydroporus*)

Рис. 5.10. Личинки жуков (по Е. М. Хейсину)



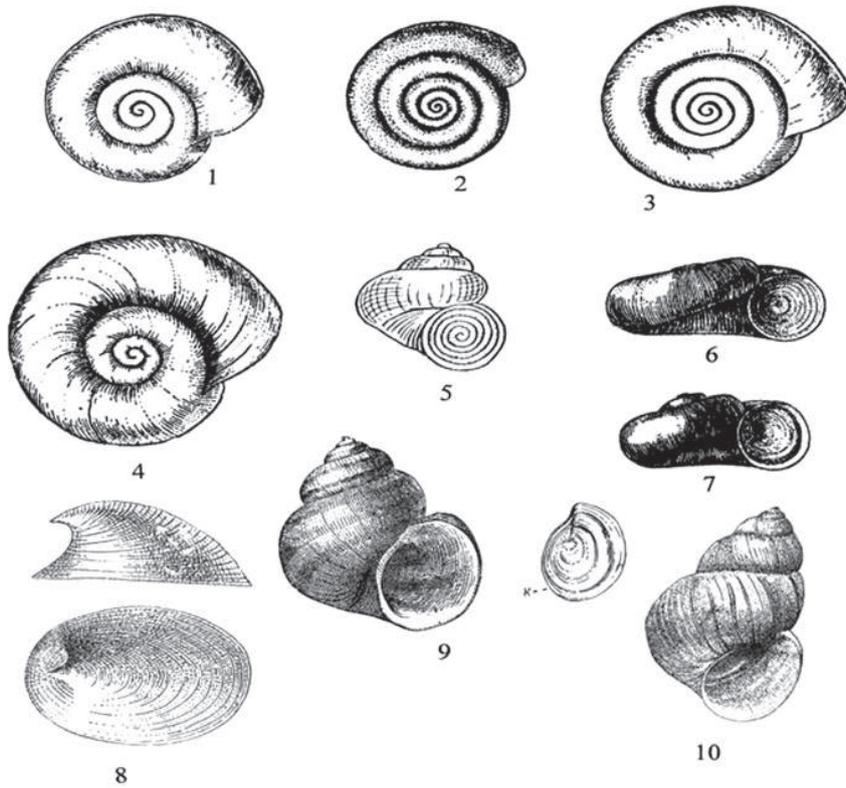
1 – плавунец (*Acilius*),
 2 – водолюб (*Helochares*),
 3 – плавунчик (*Halipplus*),
 4 – пестрый гребец (*Platambus*),
 5 – плавунец (*Dytiscus*),
 6 – листоед (*Macrolea*),
 7 – ильник (*Rhantus*),
 8 – тинник (*Ilybius*),
 9 – вертячка (*Gyrinus*)

Рис. 5.11. Взрослые жуки (по М. В. Чертопруд, Е. С. Чертопруд)

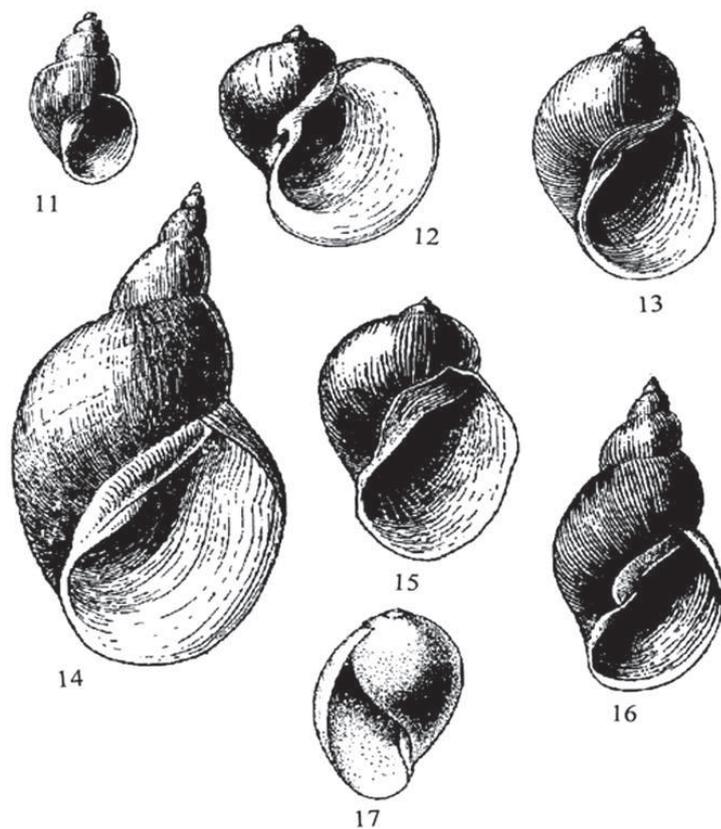


- 1 – роговая шаровка (*Sphaerium corneum*),
- 2 – массивная шаровка (*Ame-soda solida*),
- 3 – полуоткрытая шаровка (*Ame-soda scaldiana*),
- 4 – речная горошинка (*Pisidium amnicum*),
- 5 – болотная горошинка (*Euglesa casertana*),
- 6 – речная шаровка (*Sphaeris-trum rivicola*),
- 7 – холодноводная горошинка (*Neopisidium conventus*),
- 8 – утиная беззубка (*Anodonta minima*)

Рис. 5.12. Двустворчатые моллюски (*Bivalvia*)

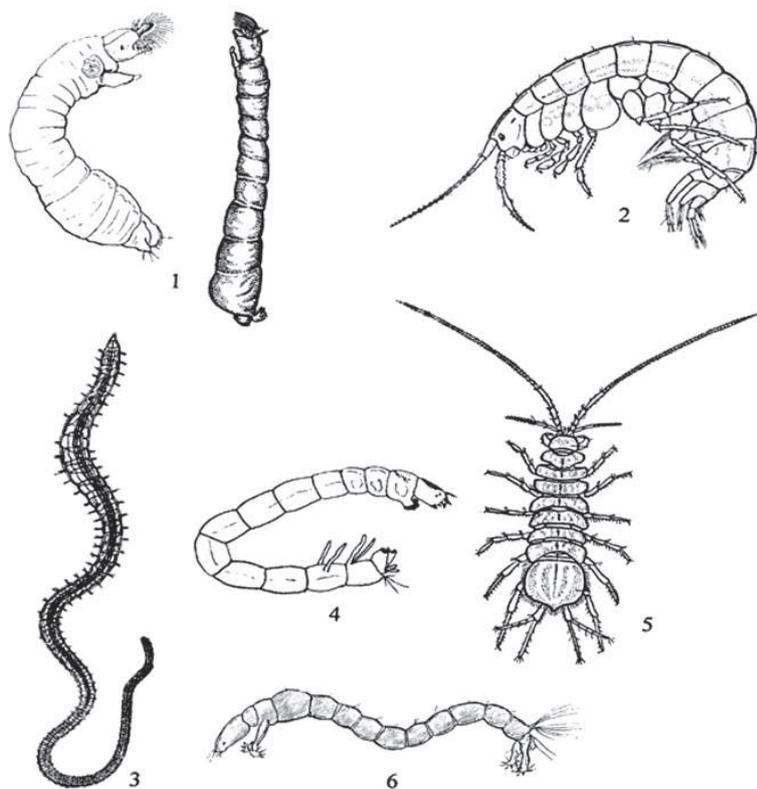


- 1 – килеватая катушка (*Planorbis carinatus*),
- 2 – завернутая катушка (*Anisus vortex*),
- 3 – окаймленная катушка (*P. planorbis*),
- 4 – роговая катушка (*P. corneus*),
- 5 – затворка обыкновенная (*Valvata piscinalis*),
- 6 – сибирская затворка (*V. sibirica*),
- 7 – красивая затворка (*V. pulchella*),
- 8 – речная чашечка (*Ancylus fluviatilis*),
- 9 – живородка болотная (*Viviparus contectus*),
- 10 – речная живородка (*V. viviparus*)



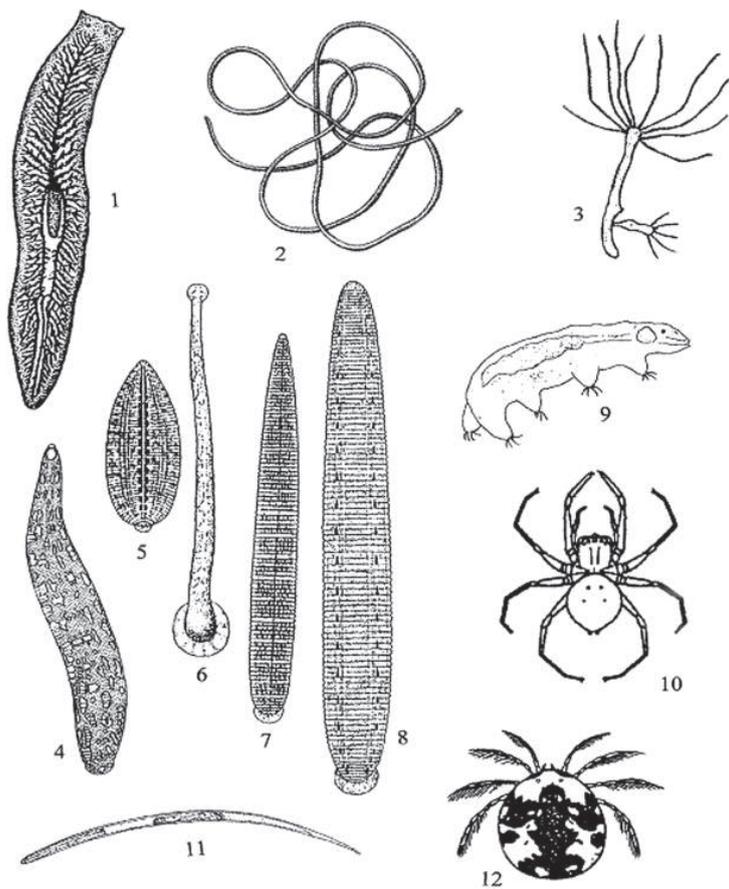
Прудовики:
 11 – малый прудовик (*Limnaea truncatula*),
 12 – ушковый прудовик (*L. auricularia*),
 13 – вытянутый прудовик (*L. peregra*),
 14 – обыкновенный прудовик (*L. stagnalis*),
 15 – овальный прудовик (*L. ovata*),
 16 – болотный прудовик (*L. palustris*),
 17 – физа пузырчатая (*Physa fontinalis*)

Рис. 5.13. Брюхоногие моллюски (*Gastropoda*)



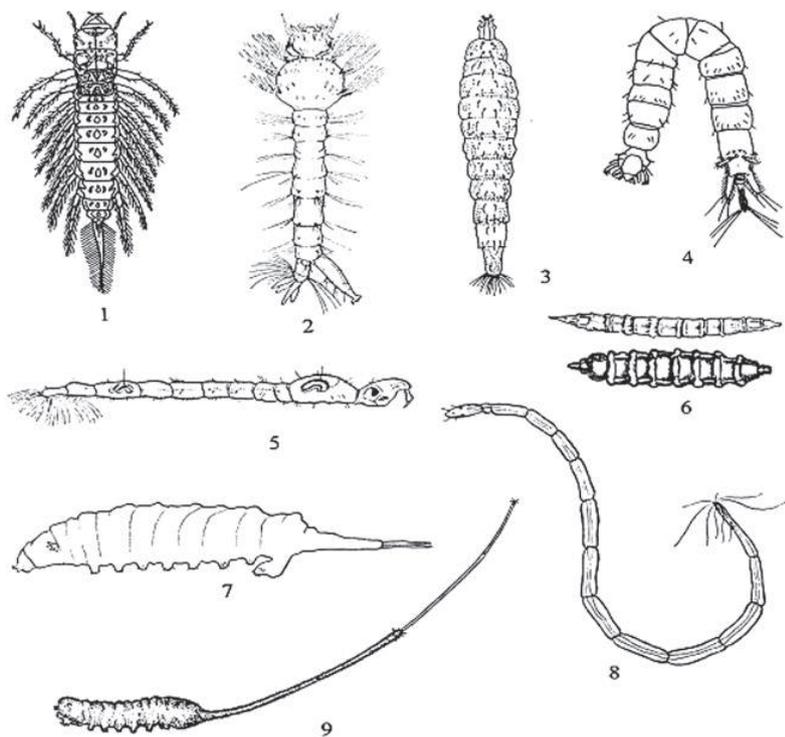
1 – личинки мошек (*Simuliidae*),
 2 – бокоплав (*Gammarus*),
 3 – общий вид малощетинкового червя *Tubifex (Oligochaeta)*,
 4 – мотыль (*Chironomus*),
 5 – водяной ослик (*Asellus aquaticus*),
 6 – личинка комара-звонца (*Chironomidae*)

Рис. 5.14



1 – ресничные черви (планария),
 2 – волосатики,
 3 – гидра (*Hydra*).
 Пиявки:
 4 – *Protocleptis maculosa*,
 5 – *Glossiphonia* sp.,
 6 – *Piscicola geometra*,
 7 – *Erpobdella*,
 8 – *Haemopsis*,
 9 – тихоходки,
 10 – пауки,
 11 – нематоды,
 12 – клещи

Рис. 5.15



1 – личинка вислокрылки (*Sialis*),
 2 – личинка комара (*Culex*),
 3 – личинка львинки (*Odontomyia*),
 4 – личинка земноводного комарика (*Dixia*),
 5 – личинка перистоусого комарика, коретра (*Chaoborus*),
 6 – личинки слепней (*Tabanidae*),
 7 – личинка эфидры (*Ephydra*),
 8 – личинка мокреца (*Heleidae*),
 9 – «крыска» (*Eristalis*)

Рис. 5.16

6. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ ПО ДИАТОМОВЫМ КОМПЛЕКСАМ И КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ

В настоящее время важнейшим фактором преобразования водных экосистем является человеческая деятельность. Водные экосистемы как объекты техногенного воздействия испытывают антропогенную нагрузку различных источников: сельскохозяйственных, промышленных, селитебных и т. д. Комплекс проблем, связанных с антропогенным воздействием, включает эвтрофирование, вызванное поступлением биогенных веществ, закисление водоемов, загрязнение их тяжелыми металлами и даже токсичными веществами. При оценке современного состояния водоемов наиболее информативным объектом исследования служат донные отложения. Одним из методов их исследования является метод диатомового анализа. Преимущества метода состоят в том, что диатомовые водоросли являются одним из основных компонентов сообществ водных организмов и развиваются почти во всех водных объектах. Они имеют кремнистый панцирь, благодаря которому хорошо сохраняются в донных осадках. Для многих видов имеются сведения об условиях их обитания. При оценке экологического состояния водоемов важно учитывать природную и антропогенную составляющие в развитии и трансформации водных экосистем. Поэтому диатомовый анализ донных отложений, накопившихся в озере, может служить надежным источником такой информации.

Материалы и методы

Загрязнение и состояние водных экосистем в условиях урбанизации показано на примере изучения донных отложений в устье р. Лососинки и оз. Каменный карьер (карьер Каменный бор).

Техническая обработка проб и приготовление постоянных препаратов на диатомовый анализ производились по общепринятой методике (Диатомовый анализ, 1949–1950; Давыдова, 1985). Образцы дезинтегрировались в пиррофосфорнокислом натрии с после-

дующей отмывкой от него методом декантации. Для подъема диатомей использовалась калиево-кадмиевая тяжелая жидкость. В качестве твердой среды применялась анилинформальдегидная смола (показатель преломления 1,68). Подсчет и определение створок диатомей проводились по горизонтальному ряду в средней части стекла до 250 экземпляров. По возможности створки идентифицировались до вида, разновидности и формы. При этом использовалась следующая справочная литература: Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли, 1951; Диатомовый анализ. Кн. 1–2, 1949; Лосева, 2000; Molder & Tynni, 1967–1973; Tynni, 1975–1980; Krammer & Lange-Bertalot, 1986. Для выявления роли отдельных видов и состава доминирующих комплексов диатомей подразделялись на единичные, численность которых в осадках составляет менее 1%; обычные – 1–5%; массовые – более 5%. Среди последних выделялись доминанты: более 10% створок и субдоминанты: от 5 до 10%.

Результаты и обсуждение

Река Лососинка. Диатомовый анализ донных отложений в устье реки выполнен по 16 пробам, полученным из разных точек, их местоположение показано на рис. 6.1.

В пробах выявлено 211 видов, разновидностей и форм диатомовой флоры. Примеры некоторых из них представлены на рис. 6.2.

Довольно большое видовое разнообразие связано со многими факторами. Из общего числа установленных таксонов 23 – планктонные и планктонно-литоральные, 106 – донные и 82 – обрастатели. В отдельных образцах одновременно отмечено от 41 до 61 таксона, включая: донные – от 15 до 34, обрастатели – от 12 до 30, планктонные – от 5 до 11 и один планктонно-литоральный вид *Melosira varians* Ag., определенный во всех пробах.

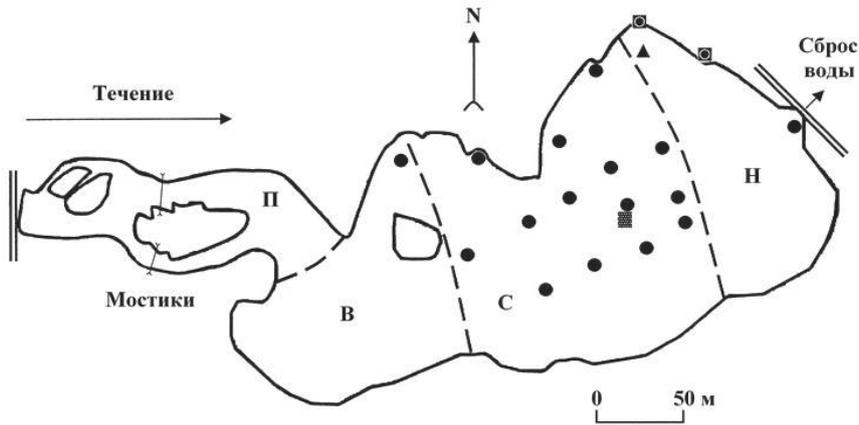


Рис. 6.1. Схема отбора проб донных осадков:

■ – автодорожные мосты;
 □ – выпуски ливневой канализации;
 ▲ – место забора воды для фонтана;
 ▤ – фундамент фонтана;
 ● – точки отбора проб.
 Условные границы частей водохранилища: В – верхояя, С – средняя, Н – нижняя части; П – переходная зона от речного гидрологического режима к режиму водохранилища

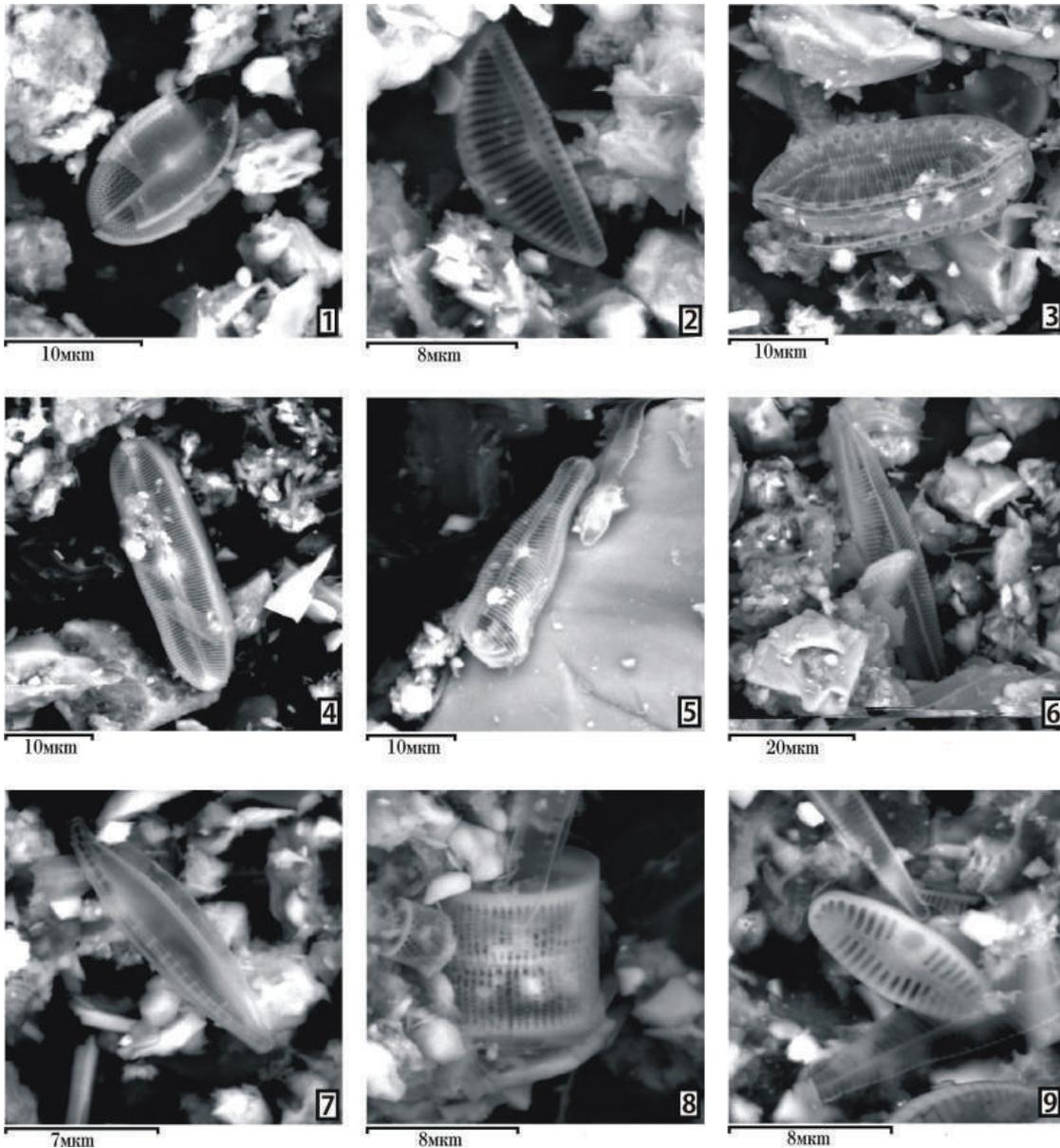


Рис. 6.2. Некоторые представители диатомовой флоры в донных осадках р. Лососинки:

1 – *Cocconeis placentula*, 2 – *Cymbella ventricosa*, 3 – *Surirella* sp., 4 – *Caloneis* sp., 5 – *Gomphonema constrictum*, 6 – *Navicula peregrina*, 7 – *Nitzschia* sp., 8 – *Aulacoseira distans* var. *lyrata* f. *lacustris*, 9 – *Achnanthes lanceolata*

Среди донных диатомей в составе комплекса постоянно присутствуют виды родов *Navicula* Bory (2,8–21 %) и *Nitzschia* Hass (2–14 %), среди обрастателей – виды *Cocconeis placentula* Ehr. (4,9–

24 %), *Cymbella ventricosa* Kütz. (0,8–8 %), *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz. (0,4–6 %), виды родов *Diatoma* Bory (0,4–6,8 %), *Gomphonema* Agardh. (0,4–8,7 %), *Meridion* Agardh. (0,8–5,2 %) (рис. 6.3).

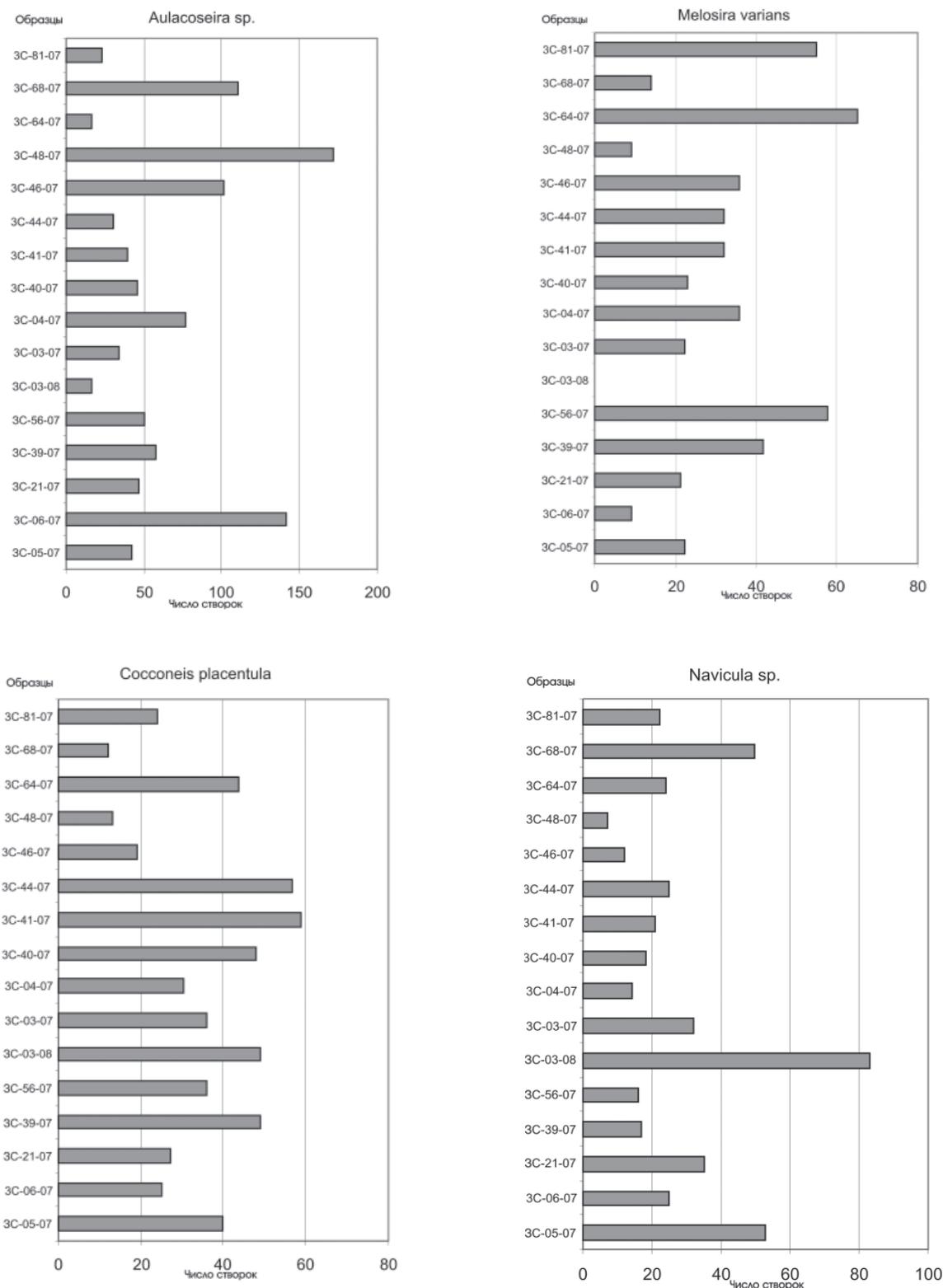
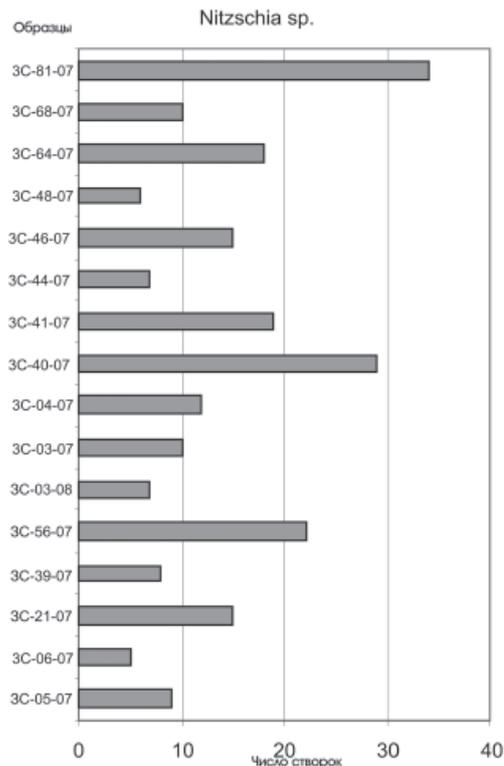
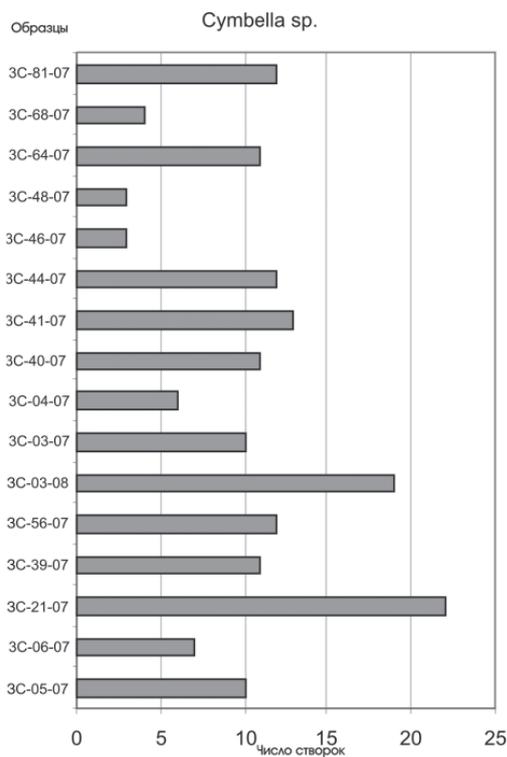


Рис. 6.3. Доминирующие диатомовые водоросли в донных осадках р. Лососинки (по оси абсцисс – количество створок в образце, по оси ординат – номенклатура образцов)



Окончание рис. 6.3

Наибольшим разнообразием отличается род *Navicula*, представленный 31 таксоном рангом ниже рода. В его составе преобладают виды *N. rhynchocephala* Kütz., *N. cryptocephala* Kütz. и *N. vulpina* Kütz., во многих случаях к ним добавляется вид *N. viridula* (Kütz.) Ehr. Далее следуют род *Nitzschia*, а также менее распространенный род *Pinnularia* Ehr. – по 19 видовых и внутривидовых таксонов.

В центральной части устья и у крутого берега доминируют планктонные виды рода *Aulacoseira* Moiss, представленного преимущественно *A. italica* (Ehr.) Kütz., *A. distans* (Ehr.) Kütz., реже *A. granulata* (Ehr.) Sim., в некоторых случаях *A. ambigua* (Grun.) Sim. и *A. islandica* (O. Mull.) Sim. В сумме они достигают 30–68 % от общей численности створок, в то время как на других участках – 6,4–23 %.

Численность вида *Melosira varians* варьирует от 3,6 до 26 %, часто он вытесняет род *Aulacoseira*.

По отношению к галобности (рис. 6.4) в составе комплекса преобладают индифференты (30–80 % по числу видов), среди которых выделяются виды рода *Aulacoseira*. Довольно велико содержание галофилов (*Melosira varians*, *Cocconeis placentula*, *Navicula rhynchocephala*, *N. cryptocephala* и др.) – в сумме с мезогалолами

до 50 % (мезогалобов – до 4,4 %), что не свойственно рекам Карелии. Участие галофилов, не переносящих минерализованных вод, незначительно (2,8–12 %).

Среди них наиболее представительны виды *Tabellaria flocculosa* (до 6 %), *Meridion circulare* (Grev.) Ag. (до 5,2 %), в меньшей степени – *Meridion circulare var. constricta* (Ralfs) V. H. (до 1,6 %) и *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. (до 2 %). Всего определено 20 известных таксонов галофилов рангом ниже рода (от 3 до 7 в отдельных пробах), 26 – галофилов (от 5 до 12), 9 – мезогалобов (от 0 до 3) и 129 – индифферентов (от 22 до 39). Неизвестные формы составили 1,6–11 % численности комплекса (1–7 таксонов в отдельных пробах).

По отношению к pH выявлено 180 таксонов рангом ниже рода с известной характеристикой. Количество алкалибионтов (9 таксонов) варьирует в пределах 1,6–9,2 % численности створок с известной характеристикой таксонов, алкалофилов (86) – 56–68 %, индифферентов (54) – 6,4–18 %, ацидофилов (31) – 5,6–23 %. Суммарная численность представителей с неизвестной характеристикой в отдельных пробах составила 2–11 % общей численности диатомей (1–8 таксонов в отдельных пробах).

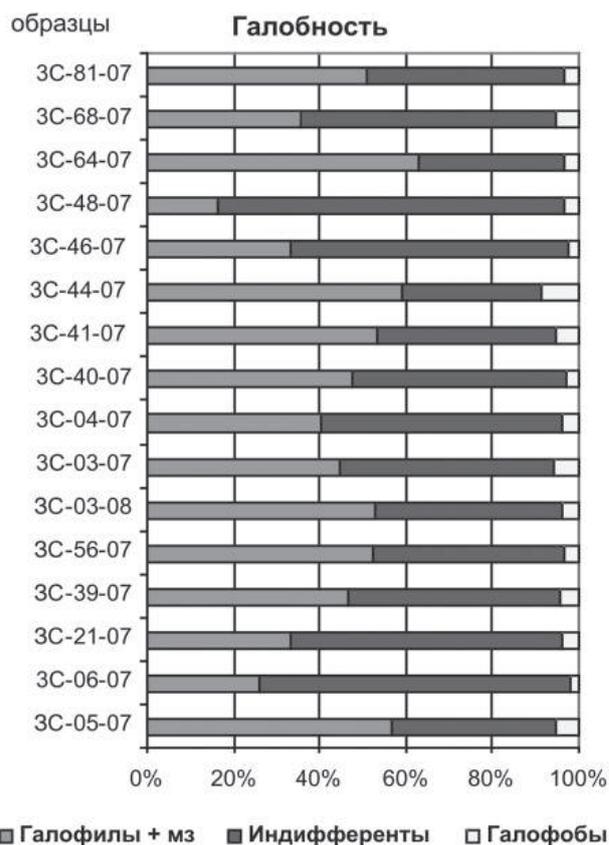
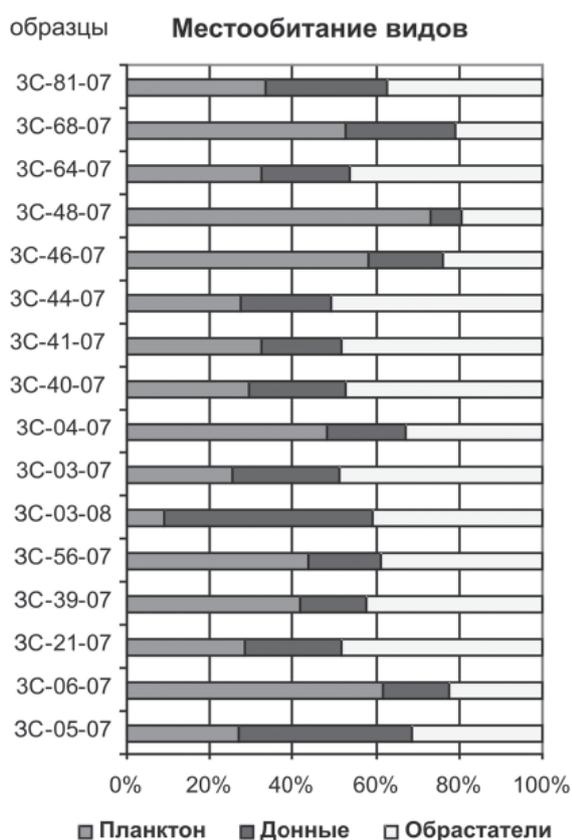


Рис. 6.4. Экологическая структура диатомового комплекса в донных осадках р. Лососинки

В целом анализ соотношения диатомей по галобности и pH показал, что диатомовая флора развивается в условиях щелочной среды и повышенного содержания в воде различных химических элементов. По отношению к загрязнению органическими веществами выявлено 136 видовых и внутривидовых таксонов-индикаторов, составляющих 84–95 % от общей численности выявленных диатомей. В диатомовом комплексе α -мезосапробы составляют от 1,2 до 16 %. Среди них преобладают виды родов *Navicula* и *Nitzschia* (*Navicula cryptocephala*, *N. rhynchocephala*, *N. viridula*, *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith.). Реже в этой группе встречается донный вид *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. и планктонный *Stephanodiscus hantzschii* Grun.

Доля установленных α - β -, β - α -, α - β -, β - α - и β -мезосапроб варьирует в пределах 38–64 %. Среди них следует выделить многие таксоны рода *Aulacoseira*, планктонно-литоральный вид *Melosira varians*, обрастатели *Cocconeis placentula*, *Cymbella ventricosa*, *Diatoma vulgare* Bory и другие. Донный α - β -мезосапроб *Amphora ovalis* Kütz. обнаружен не во всех пробах, максимальная его численность не превышает 2,4 %. Другие донные представители этой выделенной по сапробности группы встречаются в отдельных пробах преимущественно единично.

Диатомовые с широким диапазоном сапробности (χ - β -, χ - α - и α - α -мезосапробы) варьируют в пределах 0,8–7,6 %. Среди них следует отметить виды *Synedra ulna* Ehrb. (0–4,1 %), *Diploneis elliptica* (Kütz.) Cl. (0–3,2 %) и *Navicula dicephala* (Ehr.) W. Sm. (0–1,2 %).

Суммарная численность известных χ -, χ - α -, α - χ - и α -сапробов колеблется от 17 до 34 % при среднем арифметическом значении 24 %.

В структуре комплекса по местообитанию (рис. 6.4) четко прослеживается зависимость процентного соотношения видов от глубины: в более глубоких точках устья содержание планктонных форм колеблется от 50 до 75 %, в мелководной зоне преобладают формы обрастаний и донные, достигая 50–90 %. Основу комплекса по местообитанию составляют, в основном, донные формы и обрастатели, свидетельствующие о развитии водорослей в мелководных условиях.

В образце, взятом в месте выхода канализационной трубы, планктонные и планктонно-литоральные виды, в том числе *Melosira varians*, вообще отсутствуют. Состав флоры явно свидетельствует об усиленном поступлении из трубы нитратов и нитритов, способствующих массовому развитию таких специфических форм, как мезогалобы из рода *Nitzschia* sp., галофилы *Rhicosphaenia curvata*, *Surirella ovata*,

S. dydima. В массовом количестве здесь развиваются и *Cocconeis placentula*. Следует отметить также появление «крупных» форм, таких как *Cymatopleura solea*, *Cymbella cymbiformis*, галофилов *Cyclotella meneghingiana*, *Diatoma elongatum*, *D. hiemale*, *D. vulgare*, *Epithemia sorex*, *Navicula rhyncocephala* и др.

Все это свидетельствует о том, что обнаруженная в донных осадках диатомовая флора развивалась в условиях щелочной среды и несколько повышенного содержания различных химических элементов, на что указывает значительная доля галофилов и мезогалобов, в то время как для Карелии характерны слабоминерализованные гумусовые воды. Следует отметить наличие «почвенных» видов из рода *Nitzschia* (*Nitzschia navicularis*, *Nitzschia acuminata*, *Nitzschia vitrea*, *Nitzschia hungarica*).

На основе анализа донных осадков в устьевой части р. Лососинки определен состав диатомовых комплексов, выявлены виды-индикаторы загрязнения водных экосистем в условиях урбанизации, показана количественная связь состава диатомового комплекса и концентраций химических элементов в донных осадках (Рыбаков, Слуковский, 2012). Установлено, что разнообразие видов сокращается с повышением концентраций Mn, в меньшей степени – Zn. При этом в осадках с наименьшими концентрациями Mn доминирующими становятся планктонные виды *Aulacoseira italica* (Ehr.) Kütz. и *A. distans* (Ehr.)

Kütz. (до 55 % суммарной численности створок). И наоборот, в осадках, обогащенных Mn, повышается содержание донных диатомей, как по численности створок, так и по видовому и внутривидовому разнообразию. Количество донных видов возрастает также в осадках с минимальным содержанием Cd (1,84 г/т), а там, где выявлены максимальные его концентрации (3,0–3,6 г/т), появляется вид *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. (до 2,4 % численности). Установлено, что алкалифилы и алкалибионты, развивающиеся в щелочных условиях, характерны для осадков, обогащенных Ni, Cu, в меньшей степени – Pb и As; повышенные концентрации Pb отрицательно воздействуют на общую численность видов-обрастателей, являющихся ацидофилами; наиболее устойчив к загрязнению Zn, Mn, Pb, As, Cu немногочисленный донный вид *Amphora ovalis* Kütz., приуроченный к насыщенным токсикантами мелкодисперсным осадкам. К загрязнению As достаточно устойчива также немногочисленная донная *Pinnularia mesolepta* (Ehr.) W. Sm. и доминирующая среди обрастателей *Cocconeis placentula* Ehr.

Озеро Каменный карьер (карьер Каменный бор). Список диатомовых водорослей в донных осадках карьера (табл. 6.1) насчитывает 52 вида и разновидности диатомовой флоры, среди которой преобладают формы обрастаний, составляющие более 70 %, донные – 20 % и очень незначительное количество планктонных (рис. 6.5).

Таблица 6.1. Список диатомовых водорослей в донных осадках озера Каменный карьер

№	Таксон			Авторы	Место-обитание	Галобность	pH	Биогеография	Число створок
1	<i>Achnanthes</i>	<i>clevei</i>		Grun.	о	и	alkf	к	1
2	<i>Achnanthes</i>	<i>clevei</i>	<i>var. rostrata</i>	Hust.	о	и	alkf	б	2
3	<i>Achnanthes</i>	<i>lanceolata</i>		(Breb.) Grun.	о	и	ind	к	6
4	<i>Achnanthes</i>	<i>sp.</i>			о				5
5	<i>Amphora</i>	<i>coffeaformis</i>		(Ag.) Kütz.	д	мз	alkf	б	1
6	<i>Ceratoneis</i>	<i>arcus</i>	<i>var. linearis</i>	Hol.	о	и	ind	с	1
7	<i>Cyclotella</i>	<i>kuetzingiana</i>		Twaites	п	гл	alkf	к	1
8	<i>Cyclotella</i>	<i>kuetzingiana</i>	<i>v. radiosa</i>	Frucke	п	гл	ind	б	14
9	<i>Cyclotella</i>	<i>ocellata</i>		Pant.	п	и	ind	б	1
10	<i>Cymatopleura</i>	<i>solea</i>		(Breb.) W. Sm.	д	и	alkf	к	1
11	<i>Cymbella</i>	<i>cuspidata</i>		Kütz.	о	и	alkf	б	1
12	<i>Cymbella</i>	<i>pusilla</i>		Grun.	о	гл	alkf	к	1
13	<i>Cymbella</i>	<i>ventricosa</i>		Kütz.	о	и	ind	к	14
14	<i>Fragilaria</i>	<i>brevistriata</i>		Grun.	о	и	alkf	к	2
15	<i>Fragilaria</i>	<i>construens</i>		(Ehr.) Grun.	о	и	alkf	к	1
16	<i>Fragilaria</i>	<i>lapponica</i>		Grun. in Van Heurck	о	и	ind	с	1
17	<i>Fragilaria</i>	<i>pinnata</i>	<i>var. lancettula</i>	(Schum.) Hust.	о	и	alkf	б	2
18	<i>Fragilaria</i>	<i>rumpens</i>	<i>v. fragilarioides</i>	(Grunow) A. Cl.	о	и	ind	к	1

Окончание табл. 6.1

№	Таксон			Авторы	Место-обитание	Галобность	pH	Биогеография	Число створок
19	<i>Fragilaria</i>	<i>virescens</i>	<i>var. subsalina</i>	Grun.	о	гл	alkf	б	1
20	<i>Frustulia</i>	<i>rhomboides</i>		(Ehr.) D. T.	д	гб	acf	с	4
21	<i>Gomphonema</i>	<i>angustatum</i>	<i>var. producta</i>	Grun.	о		ind	к	1
22	<i>Gomphonema</i>	<i>longiceps</i>	<i>v. montana</i>	(Schum.) Cleve	о	и	ind	б	1
23	<i>Hantzschia</i>	<i>amphioxys</i>		(Ehren.) Grun.	д	и	alkf	к	3
24	<i>Mastogloria</i>	<i>elliptica</i>		(Ag.) Cl.	д	мз	alkf		1
25	<i>Navicula</i>	<i>capitata</i>		(Ehren.) P. T. Cleve	д	гл	alkf	б	3
26	<i>Navicula</i>	<i>cinta</i>		(Ehren.) Ralfs	д	гл	alkf	к	2
27	<i>Navicula</i>	<i>cryptocephala</i>		Kütz.	д	гл	alkf	б	12
28	<i>Navicula</i>	<i>gregaria</i>		Donkin	д	мз	alkf		6
29	<i>Navicula</i>	<i>halophila</i>		(Grun.) Cl.	д	мз	alkf	б	1
30	<i>Navicula</i>	<i>menisculus</i>		Schum.	д	гл	alkf	б	57
31	<i>Navicula</i>	<i>mutica</i>		Kütz.	д	мз	alkf	к	1
32	<i>Navicula</i>	<i>pygmae</i>		Kütz.	д	мз		к	6
33	<i>Navicula</i>	<i>radiosa</i>		Kütz.	д	и	ind	б	2
34	<i>Navicula</i>	<i>rhyncocephala</i>		Kütz.	д	гл	alkf	к	2
35	<i>Navicula</i>	<i>viridula</i>		Kütz.	д	гл	alkf	к	3
36	<i>Neidium</i>	<i>affine</i>		(Ehren.) Cl.	д	и	acf	б	1
37	<i>Neidium</i>	<i>dilatatum</i>		(Ehr.) Cl.	д	и	alkf	б	3
38	<i>Neidium</i>	<i>dubium</i>		(Ehren.) Cl.	д	и	alkf	б	10
39	<i>Nitzschia</i>	<i>acidoclinata</i>		Lange–Bertalot	д	и	alkf	к	22
40	<i>Nitzschia</i>	<i>angustata</i>		(W. Sm.) Grun.	д	и	alkf	б	1
41	<i>Nitzschia</i>	<i>dissipata</i>		(Kütz.) Grun.	д	и	alkf	б	1
42	<i>Nitzschia</i>	<i>frustulum</i>		(Kütz.) Grun.	д	гб	alkf	к	21
43	<i>Nitzschia</i>	<i>frustulum</i>	<i>v. minutula</i>		д	мз	alkf		5
44	<i>Nitzschia</i>	<i>gandersheimiensis</i>		Krasske	д	гл	alkf		1
45	<i>Nitzschia</i>	<i>kuetzingiana</i>		Hilse	п	и	alkf	к	1
46	<i>Nitzschia</i>	<i>sp.</i>		Grun.	д	гл			3
47	<i>Pinnularia</i>	<i>borealis</i>		Ehren.	д	и	ind	с	1
48	<i>Pinnularia</i>	<i>sp.</i>		Ehrenb.	д	гб			9
49	<i>Surirella</i>	<i>angusta</i>		Kütz.	д	и	alkf	б	1
50	<i>Synedra</i>	<i>sp.</i>			о	гл			2
51	<i>Stenopterobia</i>	<i>intermedia</i>		Lewis.	д	гл	acf	б	1
52	<i>Tabellaria</i>	<i>flocculosa</i>		(Roth.) Kütz.	о	гб	acf	б	11
									256

Примечание. п – планктон, о – обрастатели, д – донные, и – индифференты, гб – галофобы, гл – галофилы, мз – мезогалобы, alkf – алкалифилы, ind – индифференты, acf – ацидофилы.

По галобности (рис. 6.6) примерно половину комплекса составляют галофилы вместе с мезогалогами, а вторая половина – это индифференты и галофобы, причем последние составля-

ют не более 5 %. По отношению к условиям среды (pH) более 75 % приходится на алкалифилы. Галофобы составляют менее 10 %, остальные – индифференты (рис. 6.7).

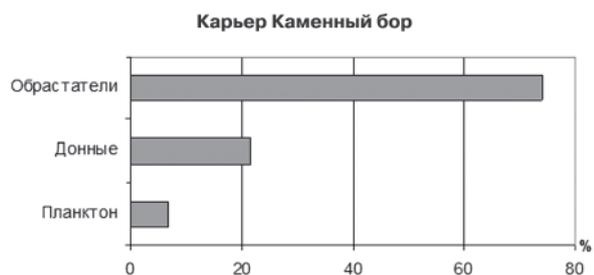


Рис. 6.5. Соотношение диатомовых водорослей в донных осадках по местообитанию

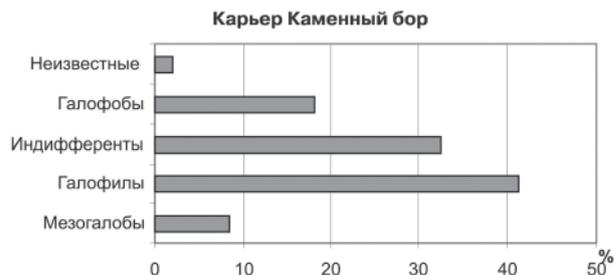


Рис. 6.6. Соотношение видов по галобности

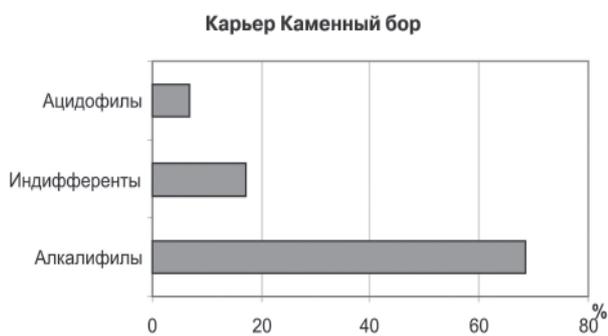


Рис. 6.7. Соотношение видов по отношению к pH среды

Такой состав флоры свидетельствует о щелочных условиях среды, поступлении в водоем значительного количества различных солей и химических элементов, способствующих развитию данного состава диатомового комплекса, указывающего либо на приток подземных трещинных минерализованных вод, либо на поступление в водоем щелочей и солей антропогенного происхождения. Дальнейший мониторинг донных отложений в карьере позволит более точно установить причины современного состава диатомового комплекса водоема, а изучение колонки донных отложений поможет выяснить, как развивался данный водоем с момента начала своего существования.

7. СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ В МАЛЫХ ВОДОЕМАХ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

Гидробиологические исследования на водоемах и водотоках Республики Карелия проводятся с начала XIX в. Однако изучение структуры сообществ водных организмов в водоемах, расположенных в настоящее время на территории г. Петрозаводска, ранее не проводилось.

Цель данной работы – оценить современное состояние водоемов г. Петрозаводска. Для достижения поставленной цели ставилась задача: изучить общие черты и закономерности структуры и сукцессии фитопланктона, фитоперифитона и зоопланктона в городских водоемах.

Теоретическая предпосылка нашей работы заключается в том, что структура и сукцессия гидробиоценозов в городских водоемах определяются не только морфологическими, гидрологическими особенностями водоемов, но и интенсивностью антропогенного воздействия.

Материалы и методика

В черте г. Петрозаводска находится ряд малоизученных озер, испытывающих влияние хозяйственно-бытовых стоков и рекреационную нагрузку. Исследованные нами в августе 2010 и 2011 гг. озера (Ламба, Каменный карьер и Четырехверстное) располагаются недалеко друг от друга, однако они заметно отличаются по своим основным морфометрическим и гидрохимическим характеристикам (табл. 7.1).

Сезонная динамика химического состава в озерах также специфична. В оз. Каменный карьер химический состав воды в течение года практически не изменяется. В оз. Четырехверстном отмечено незначительное повышение содержания фосфора, снижение pH и цветности. В оз. Ламба с ноября по апрель концентрация фосфора и электропроводность снижается более чем в два раза (табл. 7.2).

Таблица 7.1. Морфометрические и гидрохимические показатели изученных озер

Характеристики и параметры	1	2	3
Координаты	61°77'	61°81'	61°75'
	34°42'	34°25'	34°44'
Длина озера, км	0,58	0,24	0,6
Площадь зеркала озера, км ²	0,14	0,01	0,12
Максимальная ширина, км	0,34	0,07	0,23
Максимальная глубина, м	13,0	5,2	4,6
Средняя глубина, м	6,7	3,4	3,2
P _{общ} , мкг/л	10	68	46
NO ⁻³ , мг N/л	0,03	0,04	0,10
N _{общ} , г/л	0,5	0,7	0,7
Электропроводность, $\mu\text{Sm}/\text{cm}^{-1}$	300	124	196
Цветность, Co–Pt°	5	100	80
pH	8,0	7,0	7,5

Примечание. 1 – оз. Каменный карьер, 2 – оз. Ламба, 3 – оз. Четырехверстное.

Таблица 7.2. Сезонная динамика химического состава воды озер Ламба, Каменный карьер и Четырехверстное

Озеро	30.10.2009	17.01.2010	03.04.2010	16.08.2010
P _{total} , mgP/l				
Ламба	0,104	0,104	0,042	0,059
Четырехверстное	0,008	0,023	0,027	0,030
Каменный карьер	0,023	0,008	0,011	0,058
E, $\mu\text{S}/\text{cm}$				
Ламба	124,7	144,9	76,3	74
Четырехверстное	196	196,5	209	104
Каменный карьер	402	405	404	203
Цветность, град.				
Ламба	176	98	45	82
Четырехверстное	64	41	30	35
Каменный карьер	5	4	5	7

Оз. Ламба относится к типичному для Фенноскандии типу небольших лесных озер, часто без видимого стока, для которых характерны пониженные значения pH и высокое содержание гумуса, средней минерализации (табл. 7.1). Берега низкие, заболоченные, со сплавинами (Пота-

хин, 2011). Оз. Ламба через р. Томицу сообщается с Логмозером.

Оз. Четырехверстное является реликтовым водоемом, имеет глубоководные участки в центральной и северной частях. Из озера вытекает руч. Каменный, соединяющий его с Онежским озером. Долговременное использование водоема для нужд валяльного комбината, а также наличие рекреационных стоков обусловили загрязнение донных отложений тяжелыми металлами (Крутских, Кричевцова, 2011).

Оз. Каменный карьер имеет техногенное происхождение. На его месте до 1980 г. находилась открытая горная выработка площадью 27 га и глубиной до 45 м. После прекращения добычи камня образовался водоем длиной 580 м, глубиной до 13 м и площадью 13,6 га (Старцев, Коваленко, 1989; Сластина и др., 2011).

Отбор проб

Пробы фитопланктона отбирали двухлитровым батометром Рутнера, концентрировали методом прямой фильтрации на мембранные фильтры с диаметром пор 0,8–1,1 мкм согласно стандартным методикам (Руководство..., 1983), фиксировали 40%-м формалином.

Пробы перифитона отбирались с воздушно-водных и погруженных макрофитов, а также с камней и коряг в литоральной зоне по стандартной методике (Комулайнен, 2003).

Пробы зоопланктона отбирались с поверхностных горизонтов путем процеживания 100 л воды через планктонную сеть Апштейна. Собранный материал фиксировали 40%-м формалином.

Камеральная обработка и анализ собранного материала

Камеральная обработка и анализ собранного материала проводились по общепринятым в гидробиологии методам (Руководство..., 1983; Комулайнен и др., 1989; Комулайнен, 2003).

Пробы фитопланктона концентрировали методом фильтрации на мембранные фильтры с размером пор 0,9 мкм. При разборке проб фитоперифитона вначале отделялись водоросли со сложной структурой таллома (нитчатой, пластинчатой, пальмеллоидной), и при небольшом увеличении ($\times 400$) оценивалось обилие нитчатых и колониальных форм путем подсчета клеток в камере Богорова. Численность одноклеточных водорослей в фитоперифитоне определялась по методике, принятой при изучении фитопланктона. Для этого пробу доводили до требуемого объема и просчитывали в камере Нажотта ($V = 0,02 \text{ см}^3$). Объем клеток водорослей вычисляли по таблицам (Кузьмин, 1984). Биомассу

группировок фитопланктона и фитоперифитона определяли расчетным способом, считая, что 109 мкм^3 соответствует 1 мг сырой биомассы, а калорийность – 4,18 кДж (Гусева, 1956; Методические рекомендации..., 1981).

Для идентификации диатомовых водорослей готовились постоянные препараты с использованием анилинформальдегидной смолы (Эльяшев, 1957) с коэффициентом преломления 1,67–1,68. Протопласт удалялся сжиганием предварительно высушенного материала в муфельной печи при температуре 550–650 °С. Определение проводили на световом микроскопе Olympus CX при увеличении ($\times 2000$), а подсчет – при увеличении ($\times 400$).

При идентификации водорослей использованы «Определитель пресноводных водорослей СССР», а также определитель «Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные)» (1974, 1988, 1992).

Для определения концентрации хлорофилла воду фильтровали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Экстракцию проводили 90%-м ацетоном и измеряли оптическую плотность на спектрофотометре СФ 43, СФ 2000, СЕ Cecil 95. Концентрации пигментов рассчитывали по формулам стандартного метода (Determination..., 1966).

Фотосинтез и деструкция органического вещества определялись скляночным кислородным методом (Винберг, 1960). Измерение концентрации кислорода производилось иодометрическим методом Винклера (Алекин и др., 1973).

Видовая принадлежность организмов зоопланктона устанавливалась по руководствам (Рылов, 1948; Мануйлова, 1964; Кутикова, 1970; Определитель..., 1994, 1995). Биомасса ракообразных и коловраток зоопланктона рассчитывалась по сырым (формалиновым) индивидуальным весам организмов (Уломский, 1951; Мордохай-Болтовский, 1954).

Для оценки роли отдельных таксонов в формировании группировок вычислялись частота встречаемости (pF), частота доминирования (DF), порядок доминирования $Dt = DF/(pF \times 100)$, средневзвешенное относительное обилие видов по численности (N %) и биомассе (B %). Разнообразие сообществ оценивали с помощью индексов Шеннона–Уивера (Shannon, Weaver, 1963) и Симпсона I (Simpson, 1949).

Индекс сапробности рассчитывали по численности методом Пантле–Бука в модификации Сладечека (Унифицированные методы..., 1977), а по фитоперифитону – с помощью программы «OMNIDIA» (Lecoite et al., 1993). Эта программа позволяет одновременно определить 11 индексов трофности, среди которых мы отдавали

предпочтение трофическому диатомовому индексу – TDI (Kelly, Whitton, 1995), который дает наилучшие результаты при слабом и умеренном загрязнении (Eloranta, 1997).

Концентрацию тяжелых металлов в водорослях определяли на атомноабсорбционном спектрофотометре AA-6800 фирмы Shimadzu (Suomen Standardisoimislitto..., 1990).

Результаты

Озеро Четырехверстное. В фитопланктоне озера определено 95 видов, относящихся к 6 отделам. Среди доминантов отмечены диатомовые (*Fragilaria crotonensis*), эвгленовые (*Trachelomonas volvocina*, *Tr. planctonica*) и сине-зеленые (*Oscillatoria agardhii*) водоросли.

Видовое богатство фитоперифитона в оз. Четырехверстном формируют диатомовые водоросли. Среди них по численности доминируют типичные прикрепленные формы: *Cocconeis placentula* и *Achnanthes minutissima*, а также литоральные планктонные виды – *Melosira varians* и *Fragilaria capucina*. Максимальная биомасса отмечена при доминировании в группировках зеленых нитчатых водорослей (*Cladophora glomerata*).

В зоопланктоне отмечено 33 вида, из них около 40 % – кладоцеры, представители 5 различных семейств. Доминирующим по числу видов (5) является сем. Chydoridae. Среди веслоногих ракообразных отмечены озерные пелагические виды *Eudiaptomus gracilis*, *E. graciloides*, *Th. oithonoides* и типичные представители зарослево-прибрежного комплекса (*E. serrulatus*, *Acanthocyclops viridis*, *M. albidus* и др.). Коловратки входят в число 5 семейств, среди которых наибольшее количество видов принадлежит сем. Brachionidae. Относительно высокой численностью отличаются *Synchaeta pectinata*, *Keratella quadrata*. Количественные показатели планктонной фауны здесь достигают высоких величин. Основу ее численности и биомассы в этом озере создают ветвистоусые ракообразные.

Озеро Каменный карьер. Фитопланктон озера включает 48 видов пяти отделов. По численности и биомассе доминировали сине-зеленые (*Microcystis viridis*) и диатомовые (*Aulacoseira islandica*, *Asterionella formosa*, *Stephanodiscus astrea*, *Tabellaria flocculosa*) водоросли. До 80 % биомассы создавалось мелкоклеточной цианобактерией *Microcystis viridas*.

В перифитоне озера определено 37 видов водорослей. По видовому разнообразию первое место принадлежит диатомовым. Зеленые и сине-зеленые водоросли менее разнообразны и объединяют 11 видов. Однако именно зеле-

ные нитчатые водоросли (*Cladophora glomerata*) формируют биомассу фитоперифитона.

Планктонная фауна водоема насчитывает 29 видов, среди них более половины – ветвистоусые ракообразные. Она содержит компоненты озерного планктона (*Kellicottia longispina*, *Asplanchna priodonta*, *Heterocope appendiculata*, *E. gracilis*, *E. graciloides*, *Bosmina coregoni*, *D. brachyurum*), а также обитателей литоральной и придонной зоны озер (*Lecane unguolata*, *Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae*, *A. costata*, *M. albidus* и др.). Основной элемент фауны веслоногих ракообразных – *Eudiaptomus*. Из коловраток наибольшего обилия (более 17 % от общей численности) летом достигал *Brachionus urceus* – типичный обитатель мелких водоемов с повышенной сапробностью, являющийся индикатором загрязнения воды. Количественные показатели зоопланктона здесь значительно ниже. Исходя из величины биомассы, озеро по шкале трофности (Китаев, 2007) можно отнести к ультраолиготрофному типу.

Озеро Ламба. Фитопланктон озера насчитывает 56 видов, представленных 6 отделами, из которых по численности преобладают сине-зеленые *Anabaena flos-aquae* (до 90 % численности), а по биомассе – подвижные миксотрофы *Ceratium hirundinella*, а также представители р. *Euglena*, эвгленовые *Trachelomonas volvocinum*. Уровень количественного развития фитопланктона в озере сравнительно высок (табл. 7.3), водоем можно характеризовать как мезотрофный (Китаев, 2007).

Таблица 7.3. Количественные показатели исследованных малых водоемов

Озеро	N	B	Chl a
Ламба	3344	1,19	11,36
Четырехверстное	388	0,35	7,15
Каменный карьер	3524	0,19	1,68

Примечание. N – численность, тыс. кл./л; B – биомасса фитопланктона, г/м³; Chl a – концентрация хлорофилла a, мг/м³.

Озеру Ламба свойственна бедность видового состава и низкая плотность группировок фитоперифитона. Это обусловлено не только высокой цветностью воды, что снижает уровень освещенности, но и отсутствием каменистого субстрата. На немногочисленных макрофитах и сплавине встречено 33 вида сине-зеленых, зеленых и диатомовых водорослей. Причем на долю трех ацидофильных, галофобных диатомовых водорослей, типичных для альгофлоры болот и озер с низкими значениями pH, приходится более 75 % от суммарной численности и более 90 % от суммарной биомассы.

В зоопланктоне определено 22 вида, из которых численно преобладают эвритопные виды ра-

кообразных (*M. leuckarti*, *D. pulex*, *B. longirostris*). Среди коловраток относительно высокой численности (более 10 %) достигает крупная *A. priodonta*. В этот период в озере отмечается самый высокий уровень количественного развития зоопланктона. Доминирующую роль при формировании его численности и биомассы играют ракообразные. Данный водоем по уровню биомассы по шкале трофности (Китаев, 2007) соответствует α -эвтрофному типу.

Обсуждение и дискуссия

Фитопланктон. Всего в фитопланктоне изученных озер обнаружено 146 видов водорослей. Максимальное число видов (95) отмечено в оз. Четырехверстном, а минимальное – в оз. Каменный карьер (48). Наиболее разнообразны Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta. Зеленые (38) и диатомовые (26) более разнообразны в оз. Четырехверстном, эвгленовые (*Euglena*, *Trachelomonas* и *Phacus*) и криптофитовые – в оз. Ламба, сине-зеленые – в оз. Каменный карьер.

Средняя биомасса изменяется от 0,19 в оз. Каменный карьер до 1,68 г/м³ в оз. Ламба (табл. 7.3). По биомассе во всех озерах в числе доминантов были эвгленовые, диатомовые, сине-зеленые. В оз. Ламба активно вегетировала динофитовая *Ceratium hirudinella*, создавая до 67 % биомассы. В оз. Каменный карьер основным доминантом позднелетнего планктона выступала *Microcystis viridas*, образуя до 80 % биомассы.

Скорости фотосинтеза во всех трех водоемах были невысокими. В темноводных озерах Четырехверстное и Ламба фотосинтез протекал с одинаковой скоростью – в среднем 74 мкг O₂/л в сут. (или 22,1 мкг C/л в сут.), а в светловодном оз. Каменный карьер был в 2 раза выше. Скорости разрушения органического вещества в исследованных водоемах также были невысокими. В озерах Каменный карьер и Ламба деструкция органического вещества протекала со сходной скоростью – в среднем 231 мкг O₂/л в сут. (69,3 мкг C/л в сут.), в оз. Четырехверстном была почти вдвое ниже. Во всех трех водоемах даже в поверхностном слое воды деструкция органического вещества превышала его образование в 1,7–3,5 раза. Можно с уверенностью сказать, что в столбе воды это превышение будет еще больше. Таким образом, в период измерений в изучаемых водоемах активно разрушалось и автохтонное, и аллохтонное органическое вещество.

Фитоперифитон. В фитоперифитоне трех исследованных водоемов определено 76 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 47 родам, 25 семействам и 5 отделам:

Euglenophyta – 1, Cyanophyta – 11, Dinophyta – 1, Bacillariophyta – 49, Chlorophyta – 14 (табл. 7.4).

Таблица 7.4. Структура фитоперифитона исследованных озер

Озеро	S	H	TDI	SI	Доминанты	
					Численность	Биомасса
Четырехверстное	42	2,46	2,09	1,25	<i>Fragilaria capucina</i> <i>Melosira varians</i> <i>Cocconeis placentula</i> <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Cocconeis placentula</i> <i>Cladophora glomerata</i>
Каменный карьер	37	2,14	2,02	1,44	<i>Melosira varians</i> <i>Cocconeis placentula</i> <i>Epithemia zebra</i>	<i>Cladophora glomerata</i> <i>Melosira varians</i> <i>Epithemia zebra</i>
Ламба	33	1,98	1,52	0,99	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Eunotia pectinalis</i> <i>Epithemia zebra</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Eunotia pectinalis</i>

Примечание. S – число видов, H – индекс Шеннона, TDI – трофический диатомовый индекс, SI – индекс Сладечека.

Видовое богатство альгофлоры определяют пеннатные диатомеи порядков *Araphales* и *Raphales* (79,6 % определенных видов), среди которых доминировали и были наиболее постоянными в альгоценозах обрастаний евперифитонные формы родов *Tabellaria*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Achnanthes*, и *Epithemia* – комплекс видов, как правило, определяющий структуру водорослевых обрастаний в реках региона (Комулайнен, 2004; Комулайнен и др., 2006; Komulaynen, 2008).

Среди зеленых водорослей основными ценообразователями были зигнемовые водоросли (*Zygnema* sp., *Spirogyra* sp., *Mougeotia* sp.) и *Cladophora glomerata* – виды, часто определяющие биомассу альгоценозов обрастаний в реках Карелии (Komulaynen, 2009).

Сине-зеленые водоросли достаточно разнообразны и постоянны в перифитоне всех исследованных водоемов. Среди них наряду с типичными прикрепленными формами (*Stigonema mamillosum*, *Tolypothrix tenuis*) встречаются и планктонные виды (*Merismopedia tenuissima*, *Gomphospaeria lacustris*, *Oscillatoria agardhii*). Однако ни один из видов в период наблюдения не достигал высокой численности.

Большая часть определенных видов (48 %) – евперифитонные формы. Они формируют структуру группировок фитоперифитона во всех ис-

следованных водоемах, составляя от 50 до 75 % от числа встреченных в перифитоне озер видов и от 61 до 97 % от их суммарной численности. Кроме евперифитонных форм в группировках постоянно присутствуют планктонные (31,6 %) и донные (19,7 %) водоросли.

Положение на шкале галобности известно для 61 таксона водорослей, подавляющее большинство которых олигогалобы. Среди них преобладают индифференты – 45–72 % от общего числа определенных в перифитоне озер видов. Массовыми в альгоценозах являются, как правило, галофобные виды, предпочитающие очень низкую минерализацию (до 0,02 г/л). Именно благодаря доминированию *Tabellaria flocculosa* относительное обилие галофобных видов в перифитоне оз. Ламба достигает 28 %.

Среди индикаторов pH в перифитоне также преобладают индифференты – 62 % таксонов. Алкалофилы и ацидофилы составляют, соответственно, 23 и 15 %. Разнообразие и обилие алкалофилов было максимальным в менее гумифицированном оз. Каменный карьер (34 % от общего числа определенных видов). Из ацидофилов встречены обычные обитатели болот и торфяников – *Closterium*, *Euastrum*, *Cosmarium* и *Eunotia*. Доминантами альгоценозов обрастающий являются *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, *Eunotia pectinalis* и *Frustulia rhomboides*.

Основа фитоперифитона в исследованных озерах сформирована относительно небольшим количеством видов. Подавляющее большинство водорослей, определенных в перифитоне, – единичные формы с низкими показателями численности. При этом 30 % водорослей зарегистрированы только на одной и 15 % – на двух станциях. К видам, доминирующим по численности, отнесено 26 видов. Однако реально структуру фитоперифитона в водоемах определяют 8 видов: *Melosira varians*, *Tabellaria flocculosa*, *Fragilaria capucina*, *Eunotia pectinalis*, *Cocconeis placentula*, *Achnanthes minutissima*, *Epithemia zebra*, *Cladophora glomerata*. На их долю приходится более 10 % от суммарной численности и биомассы фитоперифитона, формируемого в конкретных озерах (табл. 7.4).

Эколого-географические спектры доминирующего комплекса отличаются от выявленных для альгофлоры в целом. В его составе более разнообразны евперифитонные формы, при сохранении структуры географического спектра отмечается увеличение доли галофобных и ацидофильных форм.

Максимальная биомасса отмечена в оз. Каменный карьер, где доминировала *Cladophora glomerata*. Размах колебаний численности в конце биологического лета (август) достигал не-

скольких порядков – от $0,01 \times 10^3$ до 430×10^4 кл/см², биомасса изменялась от 0,01 до 54,4 мг/см² субстрата.

Зоопланктон. В составе зоопланктона исследованных нами малых водоемов выявлено 56 видов, из которых коловраток – 17 (30 %), клadoцер – 23 (41 %), копепод – 16 (29 %).

Основной комплекс планктонных ракообразных исследованных водоемов складывается из обитателей хорошо прогреваемого зарослевого прибрежья и дополняющих его эвритопных видов (*Daphnia pulex*, *D. longispina*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Alona costata*, *A. quadrangularis*, *Bosmina longirostris*, *Polyphemus pediculus*, *Eudiaptomus graciloides*, *Mesocyclops leuckarti*) (табл. 7.5).

Таблица 7.5. Средние количественные показатели зоопланктона исследованных водоемов

Озеро	N, тыс. экз./м ³	Доминирующие по численности виды	B, г/м ³	Доминирующие по биомассе виды
Четырехверстное	145,6	<i>B. longirostris</i> <i>C. quadrangula</i> <i>D. brachyurum</i>	4,8	<i>C. quadrangula</i> <i>Daphnia longispina</i> <i>D. brachyurum</i>
Каменный карьер	8,1	<i>Polyphemus pediculus</i> <i>E. graciloides</i> <i>C. quadrangula</i>	0,32	<i>Daphnia pulex</i> <i>E. graciloides</i> <i>P. pediculus</i>
Ламба	439,0	<i>B. longirostris</i> , <i>D. pulex</i> , <i>M. leuckarti</i>	5,9	<i>D. pulex</i> <i>B. longirostris</i> <i>M. leuckarti</i>

Число истинно планктонных, пелагических видов невелико. В этот период во всех водоемах наблюдается массовое размножение ракообразных и коловраток. В составе зоопланктона отмечено высокое обилие их яйценосных самок и молоди. Значительную долю планктофауны создают эврибионтные виды. Наибольшим видовым разнообразием зоопланктона отличаются озера Четырехверстное и Каменный карьер, где преобладают обитатели прибрежных участков с зарослями водной растительности.

В составе планктонной фауны этих водоемов присутствуют представители тепловодно-стенотермного комплекса (*Diaphanosoma brachyurum*, *M. leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*). В зоогеографическом отношении в составе зоопланктона преобладают космополиты (*Trichocerca longiseta*, *Lecane unguolata*, *Asplanchna priodonta*, *Eucyclops serrulatus*, *Macrocyclops albidus*, *M. leuckarti*, *D. pulex*, *Chydorus sphaericus*, *C. quadrangula*, *Acroperus harpae*, *B. longirostris* и др.).

В фитопланктоне выявлено 97, а в фитоперифитоне – 61 вид водорослей-индикаторов са-

пробности. В обоих альгоценозах преобладали β -мезосапробы и олиго- β -мезосапробы, на долю которых приходилось около 70 % от общего числа видов-индикаторов. Значения индекса Сладчека и трофического диатомового индекса (TDI) изменяются, соответственно, от 0,5 до 1,0 и от 1,4 до 2,2. Это также позволяет отнести воды исследованных озер к олигосапробной зоне и характеризовать их как условно чистые. В то же время уровень количественного развития фитопланктона в озерах Ламба и Четырехверстное характеризует их как мезотрофные, а оз. Каменный карьер позволяет отнести к олиготрофным (Китаев, 2007).

Анализ концентрации тяжелых металлов в водорослях фитоперифитона в исследованных городских водоемах показал, что концентрация свинца и меди в фитоперифитоне оз. Каменный карьер превышает отмеченную в водоемах бассейна Онежского озера, находящихся в естественном состоянии (табл. 7.6).

Таблица 7.6. Тяжелые металлы в водорослях перифитона водоемов г. Петрозаводска и бассейна Онежского озера

Озеро	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni
	мг/кг				
Четырехверстное	1,88	6,62	19,0	88,2	8,87
Каменный карьер	0,29	67,4	33,9	83,4	12,5
Ламба	0,18	6,71	25,3	63,4	8,23
Бассейн Онежского озера	1,01	12,82	16,54	69,74	17,21

Из 56 обнаруженных в водоемах зоопланктонов 49 (87,5 %) являлись показателями качества вод. Показатели чистых вод составляли 55 % от общего числа индикаторов. Индикаторы переходной зоны (α - β - и β - α -мезосапробы) составляли 27 %, показатели загрязненных вод – 18 %. Коловратка *Brachionus urceus*, копеподы (*M. albidus*, *E. serrulatus*, *Cyclops strenuus*, *C. vicinus*) и клadoцеры (*D. pulex*, *D. longispina*, *Scapholeberis mucronata*, *Ch. sphaericus*) относятся к видам-индикаторам повышенной сапробности водоемов. По шкале трофности, предложенной С. П. Китаевым (2007), по биомассе зоопланктона оз. Четырехверстное можно отнести к эвтрофному, а два остальных озера – к мезотрофному типу водоемов.

Выводы

Исследования организации и функционирования основных элементов биоты озерных экосистем – неотъемлемая часть в решении фундаментальных и прикладных вопросов гидробиологии и экологии. Представления о структурной организации сообществ водных орга-

низмов, о зависимости ее показателей от факторов окружающей среды необходимы для понимания функционирования водных экосистем. Они важны и с практической точки зрения, прежде всего, для разработки систем биоиндикации качества окружающей среды. Исследования имеют теоретическую значимость, так как отражают зависимость организации сообществ водных экосистем от фактора урбанизации. Водоемы загрязнены, относятся к различным типам трофности.

Структура и функционирование гидробиоценозов в трех водоемах г. Петрозаводска были исследованы впервые. Выделены доминирующие виды, проведен сравнительный анализ водоемов по степени сходства их гидробиоценозов. Исследовано распределение гидробиоценозов в зависимости от типа биотопа. Изучены сезонная и межгодовая динамики структурных показателей.

Показано, что структура гидробиоценозов, с одной стороны, отражает географическое положение водосборов исследованных озер, а с другой – зависит от высокодинамичных условий, характерных для водоемов урбанизированных территорий. В доминирующий комплекс входят широко распространенные эвритермные виды, свойственные таежной зоне, и бореальные виды, типичные для заболоченных территорий. Характерным при этом является однородность ведущих групп в систематическом отношении на фоне мозаичности распределения стенобионтных сопутствующих видов.

Гидробиоценозы исследованных водоемов отличаются незначительным видовым разнообразием и невысокими количественными показателями, за исключением концентраций хлорофилла *a*, максимальные показатели которого наблюдались в оз. Ламба, а в оз. Каменный карьер, где прогрев воды в поверхностном слое был наибольшим, количественные показатели развития фитопланктона, напротив, были самыми низкими.

В фитопланктоне, фитоперифитоне и зоопланктоне встречены виды-индикаторы повышенной сапробности водоемов. Однако среди доминирующих преобладают широко распространенные в северных водоемах, не подверженных антропогенной нагрузке, виды. Значения индексов сапробности, а также структуры группировок перифитона указывают на отсутствие заметных изменений. Диагностическим признаком антропогенноизмененных сообществ является изменение эколого-географических спектров. Отмечено увеличение количества алкалофильных и галофильных видов. Тенденции антропогенной трансформации альгофлоры вклю-

чают также бореализацию и космополитизацию сообществ.

Отмеченные отличия в структуре гидробиоценозов не носят «катастрофического» характера. На основании преобладания в обрастающих видах, типичных для вод с низкой трофностью, и заметного обилия видов, свойственных бореальным водоемам с низкой минерализацией, не подверженных антропогенному влиянию, исследованные водоемы можно характеризовать как олиготрофные с элементами мезотрофии. Вода водоемов, судя по составу индикаторных видов, условно чистая.

Однако береговая зона водоемов находится на такой стадии антропогенной деградации, что одних только природоохранных мер для приведения ее в состояние, отвечающее уровню комфортного проживания людей, недостаточно. Для этого необходимо не только осуществление охраны водоемов, но и инженерно-

экологическое обустройство для возвращения им приемлемых свойств и качеств. Успех подобных проектов может быть достигнут только на основе детальных экологических исследований, позволяющих установить причины деградации водоемов и прогнозировать развитие ситуации в будущем.

Результаты исследований могут быть использованы при составлении экологических паспортов водоемов, для разработки рекомендаций по эксплуатации городских водоемов и их водосборов в различных целях: организации особо охраняемых территорий, парков, зон рекреации. Изучение сообществ водных организмов в водоемах может использоваться в учебном процессе в школах и вузах г. Петрозаводска. Полученные данные позволяют рекомендовать водоемы в качестве природных элементов в структуре городской застройки.

8. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРИТОКОВ ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

В последние десятилетия малым рекам, особенно в пределах крупных населенных пунктов, уделяется большое внимание, так как, по сравнению с большими водными объектами, они в первую очередь претерпевают изменения своего режима под воздействием антропогенных факторов. Еще в 80-х гг. прошлого столетия проблема ускоренной трансформации экосистем малых водотоков нашла отражение в постановлении Совета Министров СССР «Об усилении охраны малых рек от загрязнения, засорения и истощения и о рациональном использовании их водных ресурсов». В связи с этим в ряде регионов страны были приняты меры по предотвращению загрязнения речных экосистем. Был разработан состав водоохранных мероприятий в схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов малой реки (Беличенко, Швецов, 1979).

Карелия среди других регионов России выделяется большим количеством небольших водотоков, значительная часть которых находится в районах, подверженных слабому антропогенному воздействию. Основная часть населения Республики Карелия проживает на территории бассейна Онежского озера. Здесь сосредоточено наиболее крупное производство, что сопряжено с высоким уровнем антропогенной нагрузки на воды рек, протекающих в пределах населенных пунктов. В черте г. Петрозаводска протекают две основные реки – Лососинка и Неглинка, которые в недалеком прошлом являлись нерестовыми для ценных лососевых пород рыб. Кроме того, реки являются местом отдыха городского населения, поэтому особое значение для рек имеет санитарно-гигиеническое состояние воды. Вместе с тем реки служат приемниками ливневого стока города и отдельных предприятий, что приводит к изменению качественных характеристик воды и как следствие – нарушению функционирования биологической составляющей их экосистем. В данной главе пока-

зано формирование бактериальных сообществ под воздействием наиболее значимых для рек факторов.

Обе реки впадают в Петрозаводскую губу Онежского озера, которая является объектом централизованного водоснабжения г. Петрозаводска. Они относятся к категории среднетечущих, характеризуются сильно заболоченным водосбором, небольшим расходом воды, большим содержанием в воде органического вещества гумусной природы, стойкого к биохимическому окислению. Глубина рек зависит от водности года, но на наиболее глубоких участках она редко превышает 2 м. Средний годовой расход р. Лососинки составляет 3,7, р. Неглинка – 0,5 м³/с. Цветность воды меняется в пределах 128–208 град. Pt–Co шкалы цветности. Река Лососинка по состоянию бентосных сообществ относится к слабозагрязненным водотокам (Барышев и др., 2001). Основными источниками загрязнения в черте города являются предприятия корпорации российских лесопромышленников и ливневой городской сток. Река Неглинка загрязняется предприятиями Минавтотранса и стоками молокозавода (Государственный доклад., 2000).

Исследования проводились на постоянных точках – выше города, в городской черте и в приустьевой части рек. Отбор проб для исследования бактериального населения р. Лососинки проводился в периоды основных гидрологических сезонов, р. Неглинка – эпизодически с целью сравнения полученных результатов на двух реках.

Экосистемы рек находятся под постоянным прессом быстро меняющейся гидродинамической ситуации, температурных перепадов и изменяющихся гидрохимических характеристик воды, обусловленных дождевыми и паводковыми водами.

Высокая цветность воды в обоих водотоках и невысокое содержание биогенных веществ обу-

словливают невысокую интенсивность фотосинтеза. В р. Лососинке в течение вегетационного периода его величины изменяются от 1,6 до 130 мкг С/л в сут. Максимальные значения приходится на весенне-летние месяцы, однако экстремально высоких величин он достигает в мае при обильном развитии диатомовых водорослей. В июне-августе интенсивность фотосинтеза варьирует в пределах 20,0–60,0, в мае достигает 133,0 мкг С/л в сут. В течение вегетационного периода это снижение характеризуется закономерным постоянством. Средняя за вегетационный сезон величина фотосинтеза в предустьевой части реки на 30 % ниже по сравнению с речным участком после впадения ливневого стока. Деструкция органического вещества, наоборот, за счет обогащения воды биохимически нестойким органическим веществом заметно возрастает и варьирует в разные годы в пре-

делах от 0,02 до 0,586 мг С/л в сут. Средневегетационные значения деструкции достигают: за пределами города 0,158, в районе поступления ливневого стока – 0,283 и в предустьевой части реки – 0,275 мг С/л в сут. Увеличение скорости деструкции органического вещества в воде при дренировании рекой городской территории имеет достоверный характер и свидетельствует о сильном влиянии ливневого стока на развитие бактериальных процессов. Биотический баланс резко отрицательный, так как за вегетационный период постоянно выявляется заметное превышение величин деструкции над первичной продукцией. Средневегетационные значения первичной продукции и деструкции имеют такую же тенденцию. Если за пределами города это превышение в среднем за летний период составляет около 4 раз, то на городской территории возрастает до 8 раз (рис. 8.1).

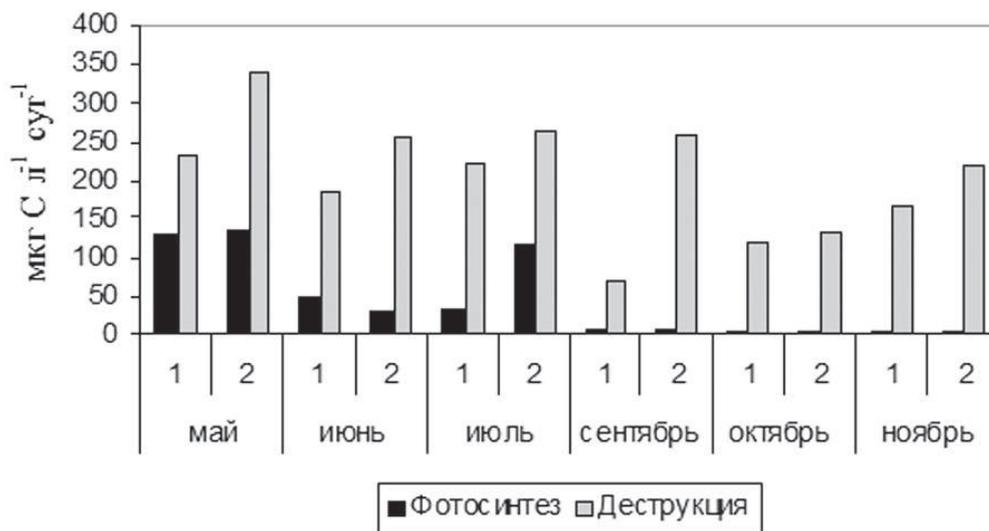


Рис. 8.1. Интенсивность фотосинтеза и деструкции органического вещества в р. Лососинке (1 – за пределами города, 2 – в устье реки)

Обогащение воды органическим веществом в пределах городской территории заметно стимулирует биосинтетическую активность бактериоценозов, которая в данной работе оценивалась по темновой ассимиляции CO_2 . В нижнем течении реки средние за вегетационный период показатели темновой ассимиляции CO_2 варьировали в пределах 1,3–4,3 мкг С/л в сут. В Карельском регионе такие величины встречаются лишь в загрязняемых или эвтрофируемых водоемах. Рассчитанная из темновой ассимиляции CO_2 продукция бактериальной биомассы в среднем за вегетационный период изменяется в пределах от 8,5 до 28,4, а в более теплые годы – до 50 мкг С/л в сут. По направлению к устьевому участку реки ее величины возрастают почти в 3 раза (табл. 8.1).

Таблица 8.1. Соотношение бактериальной (БП) и первичной продукции (ПП) в р. Лососинке, мкг С/л в сут.

Район	БП	ПП	БП/ПП, %
1	8,5	37,3	22,8
2	18,9	48,0	39,4
3	28,4	34,9	81,3

Примечание. 1 – выше города, 2 – городская территория, 3 – устьевая часть.

Более выражена изменчивость бактериальной продукции в течение вегетационного сезона – от 4,0 до 67,9 мкг С/л в сут. Вне города ее максимальные значения фиксируются, как правило, в период весеннего половодья, а в городской черте – за счет антропогенного влияния они прослеживаются в течение всего весенне-

летнего периода. Продукция бактериальной биомассы на городской территории составляет 39,4–81,3% от продукции фитопланктона, что свидетельствует о весомой роли гетеротрофного звена в функционировании экосистемы реки.

Известно, что количественное обилие бактериоценозов и их качественный состав определяются как природными свойствами воды, так и характером привносимых с городского водосбора загрязнений. Наличие в воде большого содержания гуминовых веществ в исследуемых реках сопровождается высокой численностью олигокарбофильных бактерий и актиномицет, участвующих в разрушении этих сложных органических соединений. Их численность в р. Лососинке изменяется в широких пределах – от 0,7 до 18,7 и от 0,4 до 17,5 тыс. клеток (кл.) в 1 мл соответ-

ственно. Экстремально высокие величины обнаруживаются лишь в устьевом участке и только в единичных случаях (рис. 8.2). В р. Неглинке, характеризующейся более высокой цветностью воды, их численность выше в 2–3 раза на всей акватории реки в черте города.

Сапрофитные бактерии характеризуются высоким содержанием как за пределами города, так и в пределах его территории. Количественное представительство сапрофитных бактерий в бактериоценозах р. Неглинки (максимальное – 11,7, среднее – $3,0 \pm 0,54$ тыс. кл. в 1 мл) заметно выше, чем в р. Лососинке (максимальное – 8,6, среднее – $1,9 \pm 0,41$), что свидетельствует о более масштабном загрязнении ее воды органическим веществом, поступающим со сточными водами молокозавода.

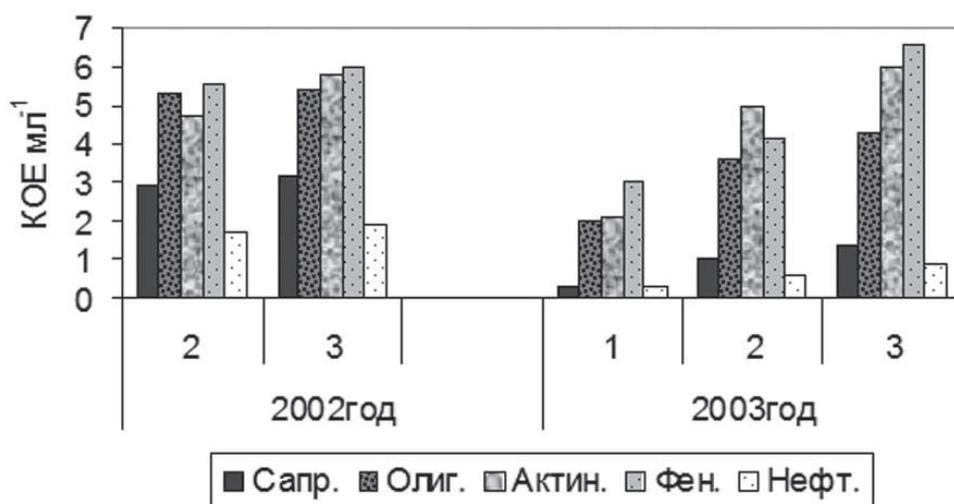


Рис. 8.2. Распределение функциональных групп бактерий в р. Лососинке (среднее за сезон, тыс. КОЕ в 1 мл):

Сапр. – сапрофиты, Олиг. – олиготрофы, Актин. – актиномицеты, Фен. – фенолрезистентные, Нефт. – углеводородокисляющие; 1 – за пределами города, 2 – район поступления ливневого стока, 3 – предустьевая часть

Особо следует отметить присутствие в воде рек производных нефтепродуктов и фенольных соединений, которые определяют интенсивное развитие углеводородокисляющих и фенолрезистентных микроорганизмов. Численность последних достигает чрезвычайно высоких значений, редко встречающихся в природных водных экосистемах, что в значительной степени обусловлено поступающими от лесопромышленных предприятий загрязнениями. Ее величины на городском участке р. Лососинки за сезон изменяются в пределах от 1,7 до 15,5, а вне города – от 0,1 до 3,0 тыс. кл. в 1 мл. В р. Неглинке численность этих бактерий значительно выше: около железнодорожного депо достигает в среднем 9,53, а в устьевом участке – 11,34 тыс. кл. в 1 мл. Такое представительство данной группы бактерий в бактериоценозах обу-

словлено загрязнением воды фенолами, поступающими с городской территории. Однако известно, что вода с большим содержанием гумуса в органическом веществе характеризуется повышенным содержанием фенольных соединений. По-видимому, этот фактор также сказывается на высокой численности фенолрезистентных бактерий в воде обеих рек, особенно в р. Неглинке, которая отличается наибольшей цветностью воды. Значительное присутствие этих бактерий в реках свидетельствует о высокой самоочищающейся способности их вод от данного вида загрязнений.

Присутствие углеводородокисляющих бактерий в реках главным образом определяется загрязнением воды нефтепродуктами. Их количество изменяется от минимальных значений – 0,1 – до максимальных – 11,4 тыс. кл. в 1 мл. Средние

за сезон показатели численности этих бактерий на исследованном участке р. Лососинки варьируют в пределах от 0,29 до 1,24 тыс. кл. в 1 мл. Их количество особенно возрастает на участке реки после поступления ливневого стока города. В р. Неглинке плотность бактерий, участвующих в разрушении углеводов, значительно больше (1,306 тыс. кл. в 1 мл) вследствие очень сильного влияния на экосистему реки поступающих от Петрозаводского депо нефтепродуктов.

В функционировании бактериальных сообществ важное место занимает группа нитрифицирующих бактерий, участвующая в трансформации аммонийных соединений. Считается, что они отрицательно воздействуют на водные организмы. Их превращение в безопасные нитратные формы напрямую связано с бактериальным окислением. Максимальная численность бактерий в реках, участвующих в этом процессе, не превышает нескольких тысяч в 1 мл, а средние за сезон значения составляют сотни клеток в 1 мл; т. е. данная группа бактерий, несмотря на их важную роль в превращении азотистых соединений, имеет невысокое представительство в бактериоценозах. Столь же невелико содержание облигатных целлюлозоразрушающих бактерий, концентрация которых не превышает нескольких сотен клеток в 1 мл.

При транзите речных вод через городскую территорию происходит заметное обогащение бактериоценозов гетеротрофной бактериофлорой. Независимо от сезона для всех изученных функциональных групп бактерий характерны достоверные различия в их численности на фоновом и устьевом участках реки. Основная роль в этом процессе принадлежит антропогенному фактору, однако немаловажное значение имеют паводковые воды. В период снеготаяния или в периоды затяжной дождливой погоды концентрация в воде бактерий заметно увеличивается, хотя достоверность в различии численности этих бактерий в сухой и паводковый периоды четко не проявляется.

Санитарное состояние рек, согласно «Методическим указаниям...» (1981), определяется присутствием в воде бактериофлоры из группы кишечной палочки (микробное число – количество мезофильных сапрофитных бактерий) и наличием в воде колиформных бактерий, служащих первичными индикаторами эпидемиологического благополучия природных вод. Наличие мезофильных сапрофитных бактерий в воде р. Лососинки в течение года составляет 20–50 % от содержания сапрофитных психрофильных бактерий и изменяется в пределах от 10 до 2000 кл. в 1 мл. Макси-

мальные величины постоянно регистрируются в устьевом участке реки. Увеличение микробного числа по отношению к количеству сапрофитных бактерий происходит в летний период, особенно после длительной дождливой погоды, когда имеется смыв загрязнений с территории города и наиболее сильно проявляется влияние терригенного стока, а высокая температура воды способствует длительному нахождению в реке мезофильных бактерий в жизнеспособном состоянии. Особую настороженность вызывают высокие показатели в воде рек колиформных бактерий. В черте города в р. Лососинке их численность достигает 1500–17 478, в р. Неглинке – 9700–16 306 кл. в 1 л. Резкое увеличение Coli-ind отмечается в теплое время года, и иногда его величины превышают установленный ГОСТом норматив, что никогда не наблюдается в воде рек вне города. При этом фоновый участок и устьевая часть р. Лососинки по санитарным показателям имеют достоверные отличия. Основным источником загрязнения воды условно патогенными бактериями является ливневая канализация.

Во влажном климате Карелии на обсемененность воды рек бактериофлорой заметное влияние оказывают метеорологические условия. В периоды весенних половодий и дождей, за счет смыва органических веществ и микрофлоры с водосбора, численность бактерий в воде возрастает на всех участках реки. Однако это увеличение для изученных групп бактерий в среднем для сезона не превышает 1,5 раза. Паводковые воды особенно сильно сказываются на обсеменности воды санитарно-показательной микрофлорой, ее численность в сухую и дождливую погоду имеет достоверные различия.

Таким образом, по состоянию бактериальных сообществ малые реки г. Петрозаводска можно отнести к умеренно загрязненным. Антропогенное эвтрофирование в реках заметно не проявляется. Одним из основных видов антропогенного воздействия на экосистемы рек является бактериальное и органическое загрязнение. Это сопровождается возрастанием роли бактерий в развитии трофических взаимоотношений в экосистеме и снижением роли первичных продуцентов. Высокая загрязненность воды санитарно-показательной микрофлорой несет потенциальную опасность для жителей города и рыбного населения рек. Кроме того, вынос загрязнений и эпидемиологически опасной микрофлоры со стоком рек в Петрозаводскую губу недалеко от городского водозабора при определенной гидрологической ситуации может привести к снижению качественных характеристик воды, поступающей в городскую сеть.

9. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РЕК НА ПРЕДМЕТ ВОЗМОЖНОСТИ НЕРЕСТА И ОБИТАНИЯ МОЛОДИ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ЛОСОСИНКИ

На Европейском Севере России и Республики Карелия обитают дикие популяции – ценные лососевые рыбы, такие как атлантический лосось (*Salmo salar* L.) (морская и пресноводная формы), форель (*Salmo trutta* L.) (озерная и речная формы) и другие виды. В последнее время популяции этих видов рыб испытывают сильное антропогенное воздействие, выражающееся в разрушении нерестовых участков, загрязнении водной среды и повышенном рыболовном прессинге, что приводит к необходимости более пристального слежения за состоянием нерестово-выростных участков (НВУ) лососевых рыб. Поскольку численность популяций лососевых рыб определяется площадью НВУ, количеством и выживаемостью молоди в реке, то для повышения численности лососевых рыб нужно знать площадь и производительность НВУ, что позволит разработать биологические рекомендации для увеличения численности рыб. Решение этих задач требует тщательного изучения различных сторон экологии рыб. Необходимо получить надежные данные об условиях обитания, кормовой базе, численности, питании, выживаемости и росте рыб в речной период жизни. Знания эти совершенно необходимы для проведения технической и биологической мелиорации рек.

В качестве примера применения методик оценки нерестовых участков лососевых рыб была выбрана р. Лососинка, так как ранее эта река являлась лососевой, но со строительством в начале XVIII в. нескольких плотин для Петровского оружейного завода в устье реки произошло нарушение естественных путей миграции лосося, а в дальнейшем и полное исчезновение данного вида рыб. Наши исследования проводились для того, чтобы определить пригодность данной реки к дальнейшему воспроизводству лососевых рыб.

Методы исследований

Оценка фонда НВУ. Под фондом нерестово-выростных участков в реке или речной системе понимают сумму всех площадей нерестово-выростных участков (НВУ). *Нерестовый участок (НУ)* – русло реки, на котором происходит или происходил ранее нерест производителей лосося, кумжи. Также к НУ относятся участки, соответствующие ряду морфологических (грунт, рельеф) и гидрологических (течение, температура и др.) характеристик, необходимых для нереста лосося. *Выростные участки (ВУ)* контактируют с нерестовыми участками, а молодь в реке нагуливается как на выростных, так и на нерестовых участках, в связи с этим их объединяют под общим названием *нерестово-выростных участков (НВУ)* (Обзор методов оценки..., 2000).

Маршрутная съемка. Существуют разные методы оценок площади НВУ: маршрутная съемка, аэрофотосъемка (визуальный метод) и метод площадей (Мартынов, 1983). Маршрутная съемка по времени и средствам имеет невысокие затраты, а информация, полученная при съемке, служит основой для определения количества, качества, распределения и состояния нерестилищ рек, гидрологического и гидрохимического режимов, геоморфологии русла и топографии рек.

Обследование реки проводится отрядом из трех и более человек путем сплава на лодке по реке от истока до устья. Если река протекает через многочисленные озера и озеровидные расширения, тогда подъезжают на автомобиле к отдельным частям реки и сплавливаются по ним. На малых реках небольшой протяженности обследование проводят пешими маршрутами. Наиболее благоприятный период для проведения маршрутных исследований – летняя межень.

В процессе обследования производят сбор данных: сначала оценивают гидрологические

характеристики реки – протяженность и ширину разнотипных участков реки, затем для расчетов продуктивности лососевой реки собирают данные, характеризующие геоморфологические и топографические параметры НВУ и НУ (протяженность, площадь, степень рельефности дна, фракционный состав грунта, скорости течения, области распределения грунта, подходящего для строительства нерестовых бугров и обитания молоди).

Измерение расстояний. При определении НВУ реки производят измерение ширины и протяженности дальномером или мерной рулеткой для расчета площади. Если участок протяженный, тогда длину определяют путем записи трека на GPS навигаторе. Все данные записываются в полевой журнал для картирования русла реки.

Измерение глубин и скорости течения. При глубинах до 6 м они измеряются гидрометрической штангой (наметкой), при измерении малых глубин (ручьи) пользуются водомерными рейками. Измерения глубины производят вдоль створа, расположенного поперечно руслу реки, по натянутому тросу с марками через 1 м (шаг выбирается исходя из ширины русла и расхода воды).

Скорости течения воды в реке изменяются как вдоль потока, так и по ширине, глубине. Из-за флуктуации скорости течения любые измерения производят не менее трех раз и используют средние значения. Скорость течения определяют гидрометрической вертушкой на трех уровнях (у поверхности, в толще и у дна), измерения длятся не менее 100 с. Поверхностную скорость течения можно определить поплавковым методом (с использованием поплавков и секундомера). Для этого выбирают относительно ровный участок реки длиной не менее 30 м и вешками отмечают его створы. Поплавок бросают в воду выше верхнего створа и засекают время прохождения дистанции. Измерения проводят не менее трех раз.

Оценка фракционного состава грунта. Обломочные горные породы (валун, галька, гравий, песок и др.) разделяют по их размеру на фракции механическим анализом при помощи наборов сит. Каждая выделенная фракция взвешивается и записывается, после рассчитывается процентное отношение каждой фракции ко всей пробе. Вес пробы – 2–3 кг. Галька, которая не проходит в сито, измеряется линейкой по максимальной длине. Выделяют следующие фракции: глина, алевролит, песок, гравий, галька, валун, глыбы. На НВУ лососевых для документирования фракционного состава грунтов можно воспользоваться упрощенной шкалой (табл. 9.1) (Логвиненко, 1974).

Таблица 9.1. Фракционный состав обломочных пород (Логвиненко, 1974, с изменениями)

Фракции	Размер частиц, мм
Песок	0,05–1,0
Гравий	1,0–10,0
Галька	10,0–100,0
Валун	100,0–1000,0
Глыбы	>1000,0

Оценка плотности расселения молоди при помощи электролова. В основном для определения плотности расселения молоди на НВУ используют два орудия лова: электролов и мальковый невод. Мальковый невод используется на средних и больших реках с высокими скоростями течения. Электролов в основном применяется на мелководных реках, на перекатах и мелководьях с малыми глубинами, сложным рельефом дна и неоднородным грунтом, где много валунов и скальных обломков.

Метод электролова позволяет регистрировать численность молоди лосося, ее распределение по площадям НВУ различного типа, а также возрастной состав. В этом случае выловленная рыба после подсчетов численности и промеров живой выпускалась в месте вылова.

Электролов наиболее эффективен на участках реки, где глубины не превышают 0,5–0,7 м, а поверхностная скорость течения не превышает 1,5 м/с. Минимальная глубина на месте облова определяется возможностью захвата парализованной рыбы сачком или руками (может составлять 10 см). Если глубина незначительная, а грунт имеет достаточно большой процент валунной фракции, тогда возникает сложность с захватом парализованной рыбы, так как она замывается под валуны. Облов на таком участке проводить нецелесообразно.

В облове участвуют три человека: оператор электролова и два ловца с сачками. Использовались сачки диаметром входного отверстия 0,5 м, длиной кута 0,7 м, размером ячеи 4 мм. Пойманная рыба отсаживалась в кан (емкость с водой для хранения рыбы). При электролове рыба обездвиживается электронаркозом и сносится течением в сачок. На малых глубинах оператор пользовался дополнительным сачком малого диаметра. Помощники становились слева от оператора и на 1,5–2 м ниже по течению, выставляли сачки на дно, оператор делал проводку (1,5–2 м) на расстоянии от дна около 10 см. При завершении проводки помощники резко поднимали сачки из воды подбирающим движением и улов перемещали в кан. Обычно группа на облавливаемом участке движется снизу вверх от берега к центру русла, далее поднимаются на 1,5–2 м вверх и движутся к берегу, снова переходят вверх на 1,5–2 м и движутся от берега по направлению к центру русла реки (рис. 9.1).

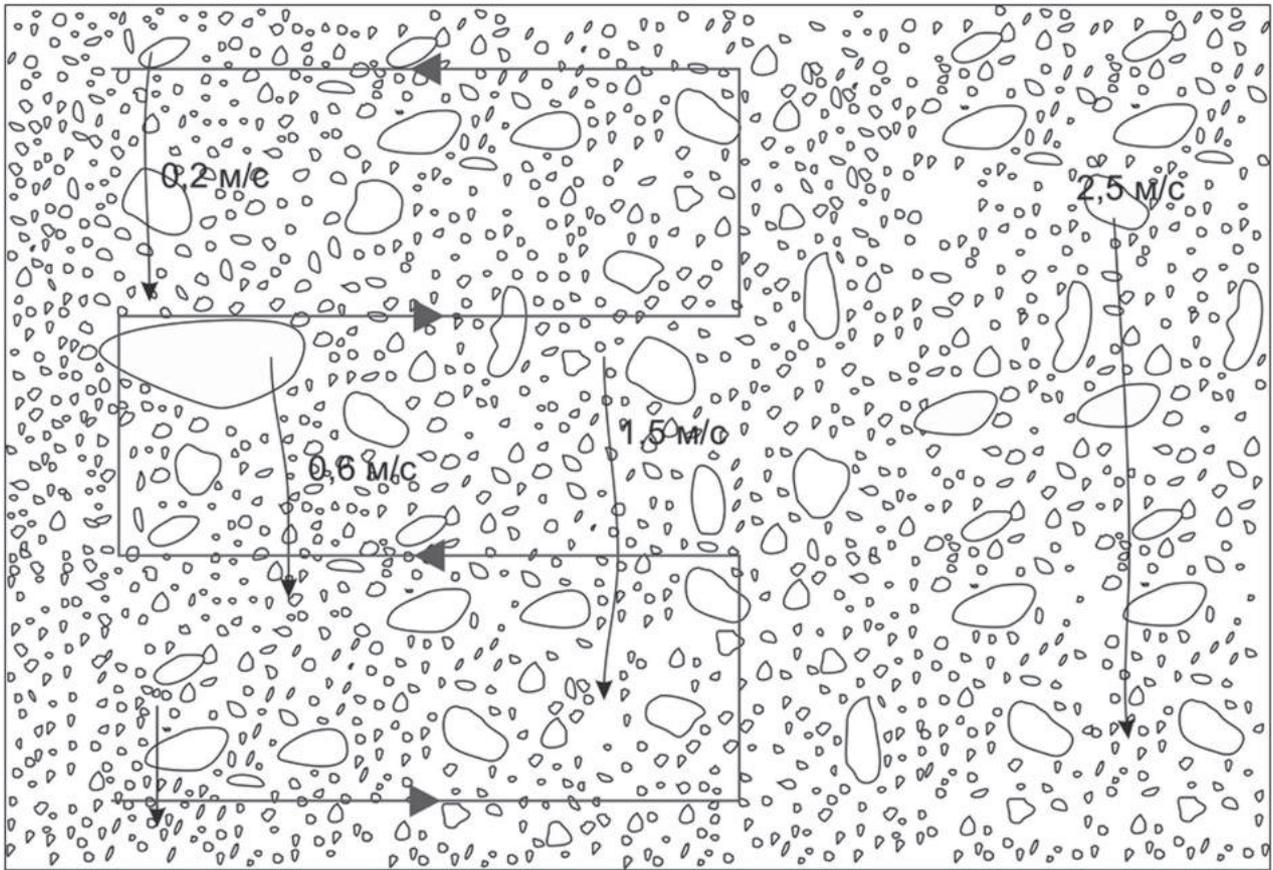


Рис. 9.1. Схема движения на участке рабочей группы при облове электроловом

Минимальная достаточная площадь облова зависит от пробных двух-трех обловов, которые позволяют выловить все возрастные группы, включая не менее трех экземпляров самых старших возрастных групп. Выбор оптимальной площади облова индивидуален для разных рек. В случае низкой плотности молоди (1 экз./10 м² и менее) необходимо увеличить площадь облавливаемого участка для получения достоверных оценок. Облов каждого выбранного участка проводили три раза с интервалом в 10 минут, что позволяет изъять до 97 % рыб (Zippin, 1956; Клыпуто и др., 1987). После обловов вся пойманная рыба взвешивалась на электронных весах, и измерялись ее линейные размеры (Правдин, 1966). Молодь разделяли по возрастным группам и пересчитывали, затем выпускали в месте вылова, ниже по течению. Для определения возраста брали несколько чешуй со стандартного участка (Мартынов, 1987). Расчеты плотности заселения НВУ молодь проводили по методу Зиппина (Zippin, 1956). Этот способ давно апробирован и успешно используется для оценки численности молоди лосося в реках, что позволяет судить о состоянии естественного воспроизводства лосося (Есин, 2009).

Полученные в результате полевых исследований значения заносятся в полевой журнал. После проведенного облова обязательно делается описание обловленного участка.

Результаты исследований

По данным И. А. Тыркина с коллегами (2011), основные нерестово-выростные участки р. Лососинки расположены выше городской черты и имеют протяженность около 4800 м, небольшая их часть находится и в городской черте. Площадь НВУ реки составляет 32 292 м². Протяженность ВУ, находящихся в городской черте и в лесной зоне, составляет 2900 м, а их площадь – 30 927 м². Получается, что 19 % протяженности реки занимают НВУ, а 12 % – ВУ.

Основу грунта НВУ, расположенного на участке выше городской черты, составляют мелкий валун и галька. Площади ВУ преимущественно находятся в городской черте. Здесь грунт непригоден для нереста, имеются крупный валун, илстые отложения, антропогенный мусор.

Для определения пригодности обитания молоди лосося в реке проводили пробные выпуски небольшими партиями, начатые в конце

80-х гг. Последний пробный выпуск молоди был произведен в 2007 г. После этого нами были выполнены наблюдения за расселением и поведением молоди, а также контрольные обловы реки при помощи электролова. Обловы показали, что молодь успешно расселилась по порогу в районе 6,05 км от устья. Плотности молоди в районе выпуска составили к осени 66,4 экз./100 м². По мере удаления от места выпуска плотности снижаются до 30 экз./100 м². На втором ВУ реки в районе 1,7 км от устья, расположенном в городской черте, плотность составляет 18 экз./100 м² и является самой низкой (Тыркин и др., 2011).

Распределения молоди лосося в р. Лососинке соответствуют плотностям расселения молоди лосося в других притоках Онежского озера: Шуе, Кумсе, Пяльме и др. (Щуров и др., 2008; Тыркин и др., 2009).

В начале октября 2012 г. нами был произведен облов при помощи электролова участка реки протяженностью 50 м, находящегося в 150 м от устья. Участок был ранее рекультивирован. На обследуемом участке были обнаружены единичные экземпляры рыб следующих видов: бычок-подкаменщик (*Cottus gobio* L.), голец усатый (*Noemacheilus barbatulus* L.), хариус (*Thymallus*

thymallus L.), плотва (*Rutilus rutilus* L.), минога речная (*Lampetra fluviatilis* L.), уклея (*Alburnus alburnus* L.).

Заключение

В данном материале авторы попытались кратко коснуться полевых методов исследования по сбору материала на примере р. Лососинки. Изложены рекомендации по оценке фонда НВУ лососевых рек, количественному учету численности и плотности расселения рыб в реке.

Проведенный анализ нерестово-выростных участков реки, результатов по расселению молоди на порогах и интенсивности ее питания позволяет сделать вывод о возможности восстановления полноценной популяции лосося в реке. Для этого необходимо обеспечить пропуск производителей на НВУ, смонтировать рыбоходы на трех плотинах, расположенных в 480, 2450, 3080 м от устья реки; почистить русло реки от антропогенного мусора, произвести рыхление грунтов на порогах и перекатах, а также выполнить подсыпку речного гравия (фракциями не более 10 см в диаметре) на определенных участках русла реки и создать углубленные участки в русле для возможности отстаивания взрослых особей при анадромной миграции.

10. БИОТЕСТИРОВАНИЕ ВОДЫ РЕКИ ЛОСОСИНКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ ВИДОВ РАКООБРАЗНЫХ

Биотестирование, или *биотест*, является методом биологического контроля загрязнения водоемов. Под «биотестом» понимается оценка действия веществ на водные организмы путем регистрации изменений какого-либо биологического показателя исследуемого объекта по сравнению с контролем. Организмы, используемые в опыте, называются тест-организмами, а сам опыт – биотестированием (Строганов, 1971; Калинкина, 1999). Биотестирование позволяет получить интегральную оценку токсичности пробы воды, отражающую действие всех присутствующих токсических веществ (Бакаева, Никаноров, 2006). Эти методы являются весьма информативными, поскольку высокая чувствительность живых организмов определяет их способность воспринимать более низкие концентрации веществ, чем аналитические датчики (Биологический контроль..., 2010).

Методы биотестирования

При проведении экспериментов по биотестированию необходимо ставить контрольный вариант: в воду без добавки токсиканта помещают такое же количество подопытных организмов, как и в пробы с разбавлениями сточных вод. Опыт считается поставленным успешно, если гибель животных в контроле не превышает 25 %. Объем контрольной воды должен быть равен объему раствора токсиканта. В качестве контрольной разбавляющей воды обычно используется чистая водопроводная или грунтовая вода, которую выдерживают при комнатной температуре в течение 3–4 сут. Перед использованием в опыте воду процеживают через фильтровальную бумагу или обычный тюль, сложенный в несколько раз. Во время опыта необходимо регистрировать температуру воды.

В качестве тест-объектов в токсикологических исследованиях используют культуры микроорганизмов, зеленые водоросли (например, сценедесмус), планктонные рачки (цериодафнии, дафнии), бентос (амфиподы), рыбы (гуппи,

форель), а также и многие другие организмы, поддающиеся культивированию в лабораторных условиях.

В настоящем разделе представлены результаты биотестирования воды р. Лососинки с использованием двух видов ракообразных. В качестве первого тест-объекта послужил стандартный в токсикологических исследованиях вид *Ceriodaphnia affinis* Lillijeborg (Crustacea, Cladocera). Культура *C. affinis* была любезно предоставлена старшим научным сотрудником Института биологии внутренних вод РАН И. В. Чаловой в 2009 г. Метод с использованием вида *C. affinis* относится к стандартным при биотестировании образцов воды (Флеров, Жмур, 1991; Жмур, 2001; Чалова, 2007).

В качестве второго тест-объекта был использован вид байкальская амфипода *Gmelinoides fasciatus* Stebbing (Crustacea, Amphipoda). Около 40 лет назад этот рачок был завезен из оз. Байкал в водоемы северо-запада России (водохранилища верхней Волги, озера Карельского перешейка и др.) с целью увеличения кормовой базы рыб. За 40 лет по системе рек и озер вид переселился в Ладожское озеро, а затем в Онежское и быстро освоил всю литоральную зону этого водоема (Березина, Панов, 2003; Кухарев и др., 2008). Поскольку *G. fasciatus* в настоящее время относится к распространенным видам в Онежском озере, он был использован в качестве тест-объекта для оценки качества воды р. Лососинки. Молодых рачков для опытов отлавливали в Петрозаводской губе Онежского озера. Размеры животных не превышали 2,0 мм. Рачков предварительно акклиматизировали к условиям экспериментов в течение 1 сут.

В опытах использовали индивидуальную посадку с помощью пластмассовых пипеток. В каждый сосуд помещали по 1 экземпляру рачков. Использовали 7 повторностей. Каждые сутки определяли состояние рачков в каждом сосуде (выживание или гибель). В конце опыта оце-

нивали выживаемость – количество выживших рачков в процентах от исходного числа.

Токсичность речной воды оценивали по классификации Н. С. Строганова (1971). Согласно данной классификации, токсичность тестируемого образца воды оценивается от 1 до 4 баллов. Оценка в 1 балл присваивается, если продолжительность жизни 50 % гидробионтов в образце неразбавленной тестируемой воды достигает 20 дней (табл. 10.1). Оценка в два балла (средняя токсичность) дается, если 50 % гидробионтов выживали в образце сточной воды в течение 10 дней, далее следовала их гибель. При выживании половины выборки в течение 5 дней оценка составляет 3 балла (сильная токсичность). Наконец, если подопытные организмы выживали в тестируемом образце воды меньше 2 дней, то присваивается максимальная оценка – 4 балла (весьма сильная токсичность).

Таблица 10.1. Классификация токсичности тестируемого образца воды (Строганов, 1971)

Количество баллов	Продолжительность жизни 50 % гидробионтов, дней	Характеристика
1	20	Слабая токсичность или даже отсутствие токсичности
2	10	Средняя токсичность
3	До 5	Сильная токсичность
4	Менее 2	Весьма сильная токсичность

Пробы воды р. Лососинки для биотестирования отбирали в 2010 г. на трех станциях: № 1 – в районе набережной Ля-Рошель; № 2 – в районе стадиона «Юность»; № 3 – в районе речного вокзала (устье реки). Даты отбора проб: 1, 14 и 21 июля. Продолжительность опытов с каждым тест-объектом составила 7 сут. В опытах изучали действие на рачков неразбавленной речной воды, а также ее 2-, 5- и 10-кратного разбавления.

Пробы с разбавлениями сточной воды готовили согласно схеме, представленной в табл. 10.2. Объем тестируемой среды в каждом сосуде составлял 100 мл.

Таблица 10.2. Схема приготовления опытных сред для биотестирования

Кратность разбавления	Количество тестируемой воды, мл	Количество разбавителя, мл
Контроль	0	100
2-кратное	50	50
5-кратное	20	80
10-кратное	10	90

В опытах с рачком *C. affinis* контрольной и разбавляющей водой служила грунтовая вода из источника на ул. Вольной, так как именно эта вода по своим гидрохимическим показателям удовлетворяет экологическим требованиям вида *C. affinis* (Калинкина, 2010). В опытах с рачком *G. fasciatus* в качестве контрольной и разбавляющей использовали воду Онежского озера, которую отбирали в зоне отлова животных (Сайнаволоки). Воду на свежую заменяли через сутки. Всего в опытах было использовано по 105 экземпляров каждого вида.

Результаты биотестирования воды реки Лососинки

Результаты биотестирования воды р. Лососинки с использованием вида *G. fasciatus* представлены в табл. 10.3 и 10.4.

Таблица 10.3. Количественная оценка токсичности проб воды р. Лососинки, балл

Образец	Станция № 1		Станция № 2			Станция № 3		
	14.07	21.07	1.07	14.07	21.07	1.07	14.07	21.07
Неразбавленная вода	2	2	3	3	3	2	3	3

Примечание. 2 балла – средняя токсичность, 3 балла – сильная токсичность.

Таблица 10.4. Выживаемость рачков *Gmelinoides fasciatus* в воде р. Лососинки (семисуточная экспозиция), %

Образец	Станция № 1		Станция № 2			Станция № 3		
	14.07	21.07	1.07	14.07	21.07	1.07	14.07	21.07
Контроль	100	100	100	100	100	100	100	100
Неразбавленная вода	57*	57*	43*	29*	43*	57*	43*	43*
2-кратное разбавление	86	57*	29*	43*	57*	43*	57*	57*
5-кратное разбавление	71	86	71	57*	71	43*	71	57*
10-кратное разбавление	71	86	86	57*	71	86	57*	57*

Примечание. * – отличие от контрольного значения достоверно ($p < 0,05$).

На протяжении всего периода наблюдения неразбавленная вода реки вызывала резкое снижение выживаемости рачков *G. fasciatus*. Показатели выживаемости на разных станциях варьировали в пределах 29–57 %. Согласно классификации Н. С. Строганова, образцы воды, отобранные на станции 1 (в районе набережной Ля-Рошель), характеризовались средней токсичностью (табл. 10.3). Ниже по течению реки (станции 2 и 3) вода приобретала сильную токсичность.

Разбавление речной воды онежской водой в 2 раза практически не снижало ее токсического действия на рачков (табл. 10.4). Лишь при 5- и 10-кратном разбавлении речных вод наблюдалось снижение их токсичности (увеличение выживаемости рачков до 57–86 %), причем только для проб со станций 1 и 2.

Для проб речной воды, отобранных с третьей станции (устье), разбавление речной воды не только в 5, но и в 10 раз не приводило к снижению ее токсичности (исключение составил один случай – 1 июля 2010 г.).

Биотестирование речной воды с использованием тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* показало, что ни одна из проб воды, отобранных в июле 2010 г., не оказала токсического действия на ветвистоусых рачков. Выживаемость *C. affinis* как в неразбавленной речной воде, так и в различных ее разведениях была стопроцентной. Большая устойчивость цериодафии по сравнению с байкальской амфиподой *G. fasciatus* наблюдалась нами ранее, при биотестировании техногенных вод Костомукшского ГОКа (Калинина и др., 2011).

Результаты биотестирования позволяют сделать заключение, что вода р. Лососинки характеризуется средней и сильной токсичностью для *G. fasciatus*, которая в наибольшей степени выражена на устьевом участке. По-видимому, токсическое действие речной воды на этот вид связано с содержанием нефтепродуктов и гуминовых веществ. Так, согласно данным А. В. Сабылиной (2007), в приустьевой части р. Лососинки в зимний период концентрация нефтеуглеводородов достигала 1,32 мг/л (26 ПДК), цветность – 70 град. В воде реки также часто наблюдается превышение ПДК для таких элементов, как медь, железо, марганец (Государственный доклад..., 2008). В то же время отсутствие токсичности воды для *C. affinis* указывает на относительно невысокий уровень загрязняющих веществ в воде реки в исследуемый период.

Регулярное биотестирование речных вод позволит в короткие сроки выявить нежелательные изменения их качества. Если для биотестирования одновременно отбирать пробы из различных участков реки, это поможет найти источник загрязнения.

11. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД НА ОСНОВЕ БИОМАРКЕРОВ

Водная Рамочная Директива (WFD; 2000/60/ЕС) установила новую эру в исследованиях, направленных на оценку качества окружающей среды. В дополнение к традиционным химическим методам «Директива» важную роль в оценке состояния водных экосистем отводит биологическим маркерам, среди которых большое признание находит индикаторная роль гистопатологических маркеров (Adams et al., 1992; Depledge, Fossi, 1994; Van der Oost et al., 2002). Это связано с тем, что в отличие от тел неорганической природы живой организм отвечает на любые воздействия не пассивно, а активно. В нем разворачиваются разнообразные и сложные

защитные реакции, направленные на противодействие негативному агенту. Термин *биомаркер*, впервые появившийся в медицине, впоследствии был адаптирован для использования в программах мониторинга. Имеется множество определений, однако в общем смысле биомаркеры – это молекулярные, клеточные, биохимические и физиологические параметры, которые могут быть измерены в тканях и биологических жидкостях, указывающие на отклонения от нормального статуса под влиянием факторов различной природы (химической, физической или биологической) (Adams, 2002; Van der Oost et al., 2003) (рис. 11.1).

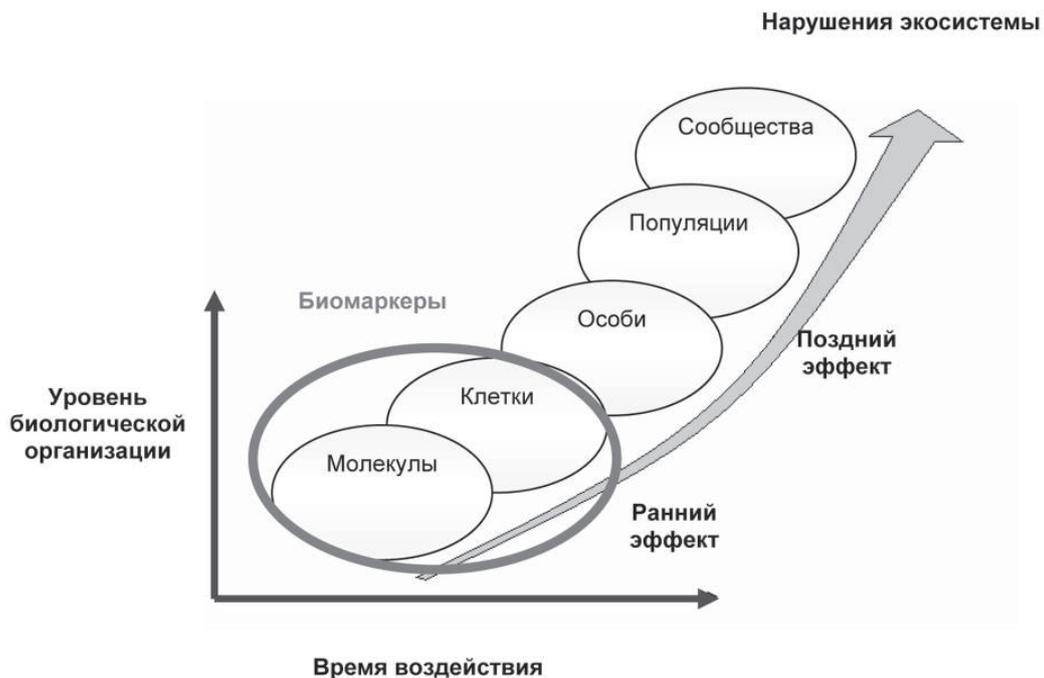


Рис. 11.1. Роль биомаркеров в комплексной системе биоиндикации

Биохимические и патофизиологические нарушения можно диагностировать у различных гидробионтов, однако для выявления последствий загрязнения вод чаще всего используются показатели физиологического состояния рыб (Моисеенко, 2009). Рыбы занимают

центральное место в иерархии водной экосистемы, в связи с чем в концепции использования биомаркеров им отводится ключевая роль при оценке экологических последствий антропогенного воздействия на водные экосистемы. Рыбы населяют все водные объекты, имеют

длительный жизненный цикл, занимают верхний уровень в трофической системе водоемов. По сравнению с беспозвоночными рыбу легче идентифицировать по видам, половой принадлежности, возрасту и другим биологическим и экологическим характеристикам (Моисеенко, 2009). Кроме того, многие виды являются объектами промысла и используются в пищу человеком.

В настоящее время разработано большое количество молекулярных, клеточных и тканевых биомаркеров (Van der Oost et al., 2003). Тканевые биомаркеры, к которым относятся гистопатологические показатели, признаны надежными индикаторами состояния здоровья рыб и показателями эффектов воздействия разнообразных антропогенных загрязнителей по ряду причин (Nestmann, 1985; Hinton, Lauren, 1990; Couillard et al., 1999; Blazer, 2002; Van der Oost et al., 2003; Adams, 2005):

- прямые индикаторы действия негативных факторов;
- интегрируют различные физиологические и биохимические эффекты;
- оперативные показатели неблагоприятных экологических условий;

- ответная реакция может сохраняться достаточно длительный период после воздействия загрязнителя;

- информируют о типе загрязнения;
- информируют о продолжительности загрязнения;

- позволяют проследить восстановление экосистемы.

Цель работы, представленной в данном разделе, – диагностировать патологии рыб, обитающих в условиях многофакторного загрязнения в реках Лососинке и Неглинке, и продемонстрировать возможности использования биомаркеров для оценки качества вод.

Методические аспекты оценки качества вод на основе биомаркеров

Патолого-морфологические и гистологические исследования. В данном пособии для демонстрации возможностей биомаркеров в комплексной системе биомониторинга водных экосистем представлены результаты исследований рыб, обитающих в реках Лососинке и Неглинке: усатый голец – *Barbatula barbatula* (L.) и обыкновенный подкаменщик – *Cottus gobio* (L.), которые являются доминирующими в ихтиофауне этих водоемов (рис. 11.2).



Рис. 11.2. Объекты исследования:

а – усатый голец; б – обыкновенный подкаменщик

Диагностика состояния организма рыб проводилась на основе патолого-морфологического метода (Аршаница, Лесников, 1987; Кашулин, Лукин, 1992; Лукин, 1995), включающего клинические, патологоанатомические и гистологические исследования. Визуальный осмотр и патологоанатомическое вскрытие проводят у живых, только что выловленных рыб. При визуальном обследовании особей отмечают интенсивность окраски, целостность плавниковой каймы и лучей, общее содержание слизи на поверхности рыбы, состояние чешуйного покрова, случаи появления гиперемии, подкожных кровоизлияний или язв, деформации костей черепа, сколиозов; определяют размерно-весовые показатели. При вскрытии брюшной полости устанавливают пол и стадию зрелости гонад, оценивают состояние мышц (цвет, консистенция), наличие экссудата в брюш-

ной полости, количество полостного жира, определяют внешние признаки патологических изменений внутренних органов.

Для гистологического анализа отбираются жабры, печень и почки, выполняющие важнейшие функции в организме и признанные основными органами-маркерами загрязнения водной среды (рис. 11.3). Жабры участвуют в осморегуляции, поддержании кислотно-щелочного баланса и выполнении дыхательной функции; печень является главным органом, отвечающим за процессы детоксикации и биотрансформации загрязняющих веществ; почки незаменимы в процессе поддержания стабильной внутренней среды, водно-солевого баланса, выведения метаболитов, образовавшихся в процессе биотрансформации различных ксенобиотиков и частичного метаболизма ксенобиотиков (Mallat, 1985; Hinton, Lauren, 1990).

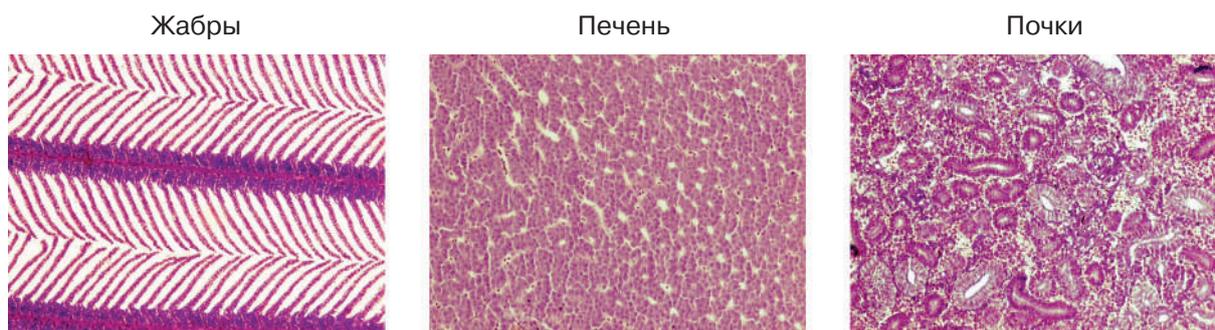


Рис. 11.3. Нормальная структура органов рыб

Отбор проб проводят у только что выловленных рыб и завершают через 20 минут после извлечения рыбы из воды. Отобранные органы незамедлительно фиксируются, для того чтобы сохранить картину тканевой структуры, соответствующую исходному состоянию. Толщина фиксируемого кусочка не должна превышать 1,0–1,5 см. В качестве фиксатора рекомендуется использовать жидкость Буэна. Обработ-

ка проб проводится по общепринятым гистологическим методикам (Роскин, Левинсон, 1957; Волкова, Елецкий, 1982): гистологические препараты готовятся методом заливки органов и тканей в парафин с последующим изготовлением парафиновых блоков и гистологических срезов, используя санный микротом (рис. 11.4). Микроскопирование осуществляется при увеличении $\times 50$, $\times 100$, $\times 200$, $\times 320$.

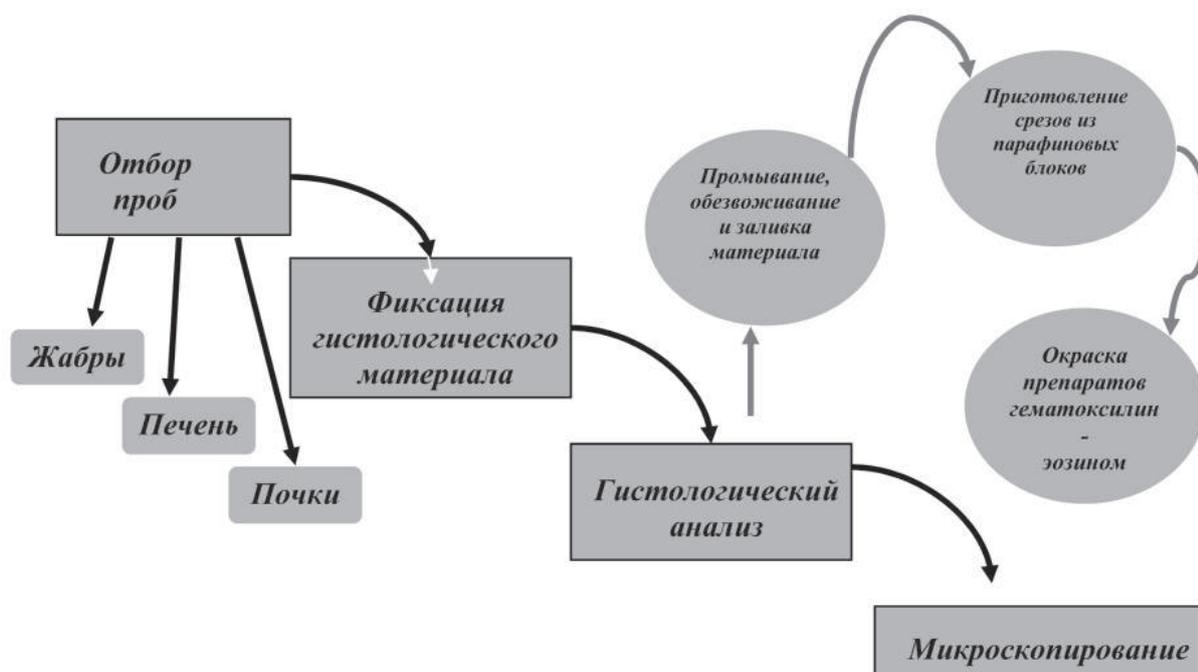


Рис. 11.4. Этапы гистологического анализа

Статистический анализ. Статистическая обработка полученных данных осуществляется общепринятыми методами вариационной статистики. Для сравнения различий между группами применяется непараметрический критерий Вилкоксона–Манна–Уитни с использованием компьютерной программы Statgraphics 2.0 for Windows (Ивантер, Коросов, 2003; Коросов, Горбач, 2007). Различия между выборками принимаются с достоверностью 0,95.

Результаты и обсуждение

Весь спектр ответных реакций рыб, обитающих в реках Лососинке и Неглинке, объединен в пять групп. Каждая группа реакций включает несколько морфологических изменений, затрагивающих отдельные функциональные единицы или орган в целом.

Прогрессивные изменения – процессы, направленные на компенсацию функций поврежденного органа:

- гипертрофия – увеличение объема органа, ткани, клеток, сопровождающееся усилением их функций;

- гиперплазия – увеличение количества клеток и внутриклеточных структур.

Дегенеративные изменения – процессы, следствием которых является ограничение функции или гибель органа:

- атрофия – уменьшение объема органа и снижение его функций;

- дистрофия – нарушение трофики – комплекса механизмов, обеспечивающих метаболизм и сохранность структур клеток и тканей;

- некроз – гибель отдельных клеток, участков тканей, части органа или целого органа;

- повреждения ядер (кариопикноз, кариорексис).

Нарушения кровообращения:

- кровоизлияния (нарушение целостности стенки сосудов);

- гиперемия (увеличение кровенаполнения вследствие затруднения оттока крови по венам либо увеличения притока крови по артериям);

- аневризма – расширение просвета сосуда на ограниченном участке, обусловленное разрушением стенки сосуда.

Воспаление – процесс, характеризующийся в местах повреждения органа изменением кровообращения и повышением сосудистой проницаемости в сочетании с дистрофией тканей и пролиферацией клеток.

Неопластические изменения – нерегулируемое размножение клеток, не достигающих созревания:

- доброкачественные;

- злокачественные.

Жабры. Изменения организации жаберного эпителия *прогрессивного* типа включали гиперплазию респираторного эпителия (рис. 11.5).

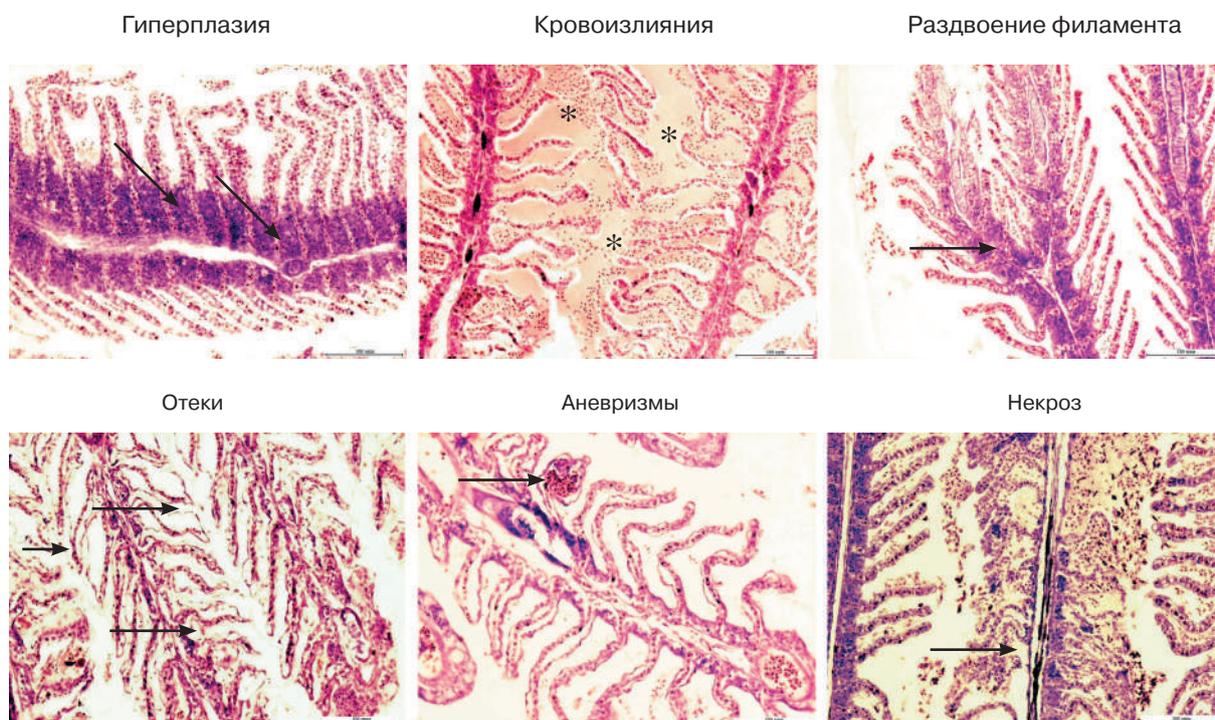


Рис. 11.5. Гистопатологии жабр

Дегенеративные изменения были представлены очагами некроза клеток жаберного эпителия, гемолизом эритроцитов и лизисом отдельных респираторных ламелл. Среди *нарушений кровообращения* преобладали кровоизлияния, гиперемия и аневризмы. Выявлены признаки *воспалительной* реакции – отек респираторного эпителия и появление мелано-макрофагических центров, содержащих пигмент гемосидерин. В жабрах усатого гольца были диагностированы необратимые нарушения: *фиброзное перерож-*

дение и *неопластические изменения*. Отмечена паразитарная инвазия инфузориями – представителями класса Моногенеи.

Печень. В печени на первый план выступали *дегенеративные* изменения (рис. 11.6): вакуолизация, кариопикноз, некроз гепатоцитов, липоидная дистрофия печени, массовый гемолиз эритроцитов. Признаками *прогрессивных* изменений, направленных на компенсацию функций поврежденного органа, являлись очаги гепатоклеточной регенерации. *Вос-*

палительные реакции сопровождались появлением очагов инфильтрации лимфоцитами и мелано-макрофагических центров, а также гиперемией сосудов. Специфическими патологиями для бычка-подкаменщика были *preneoplastические изменения* (очаги осветленных клеток) и *нарушения кровообращения* (кровоизлияния), для усатого гольца – фиброз ткани и

неопластические изменения, представленные высокодифференцированными базофильными клетками. Очаги перерождения сопровождались некрозом ткани, пикнозом ядер и вакуолизацией гепатоцитов. Отмечена множественная паразитарная инвазия: цисты плоских червей класса Trematoda, представители классов Nematoda и Monogenea, паразитические инфузории.

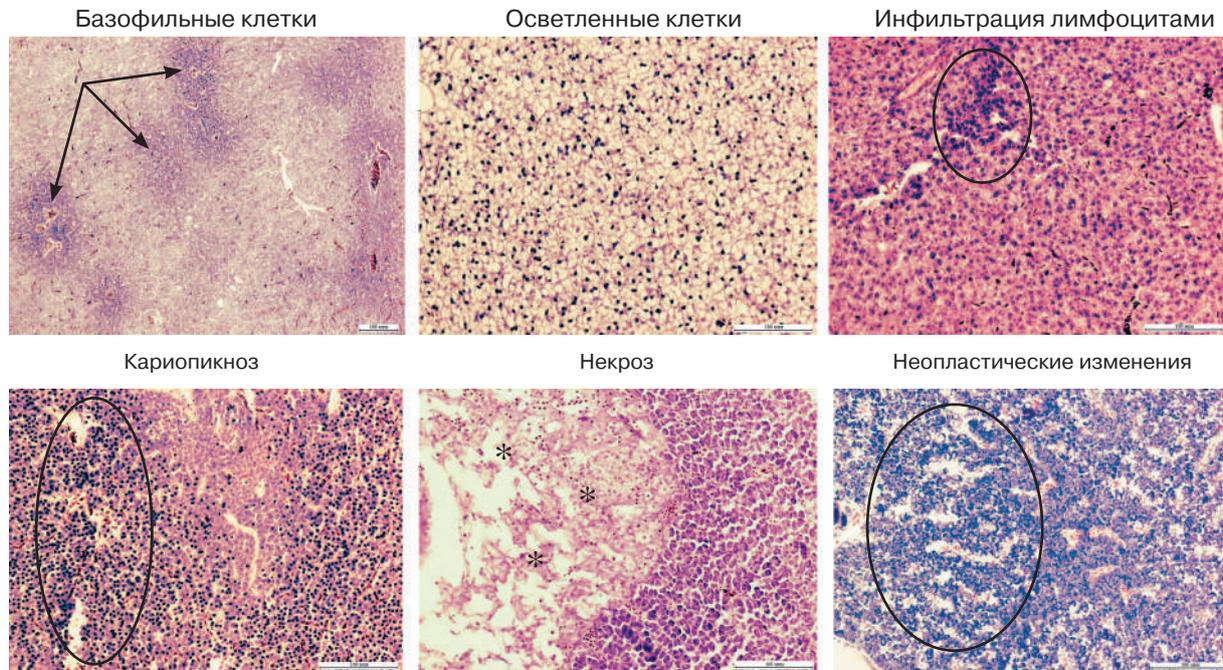


Рис. 11.6. Гистопатологии печени

Почки. В почках преобладали *дегенеративные* изменения (рис. 11.7): массовый гемолиз эритроцитов в кровеносных сосудах, очаги некроза гемопоэтической ткани, признаки нефропатии (отложение клеточного детрита в просвете почечных канальцев; отслоение эпителия от базальной мембраны; вакуолизация; кариопикноз и некроз канальцевого эпителия), признаки гломерулопатии (расширение капилляров клубочка, утолщение стенки, пролиферация клеток, дегенерация клубочков). *Прогрессивные* изменения связаны с появлением структур, характерных для разных этапов процесса образования новых нефронов. Отмечено большое количество мелано-макрофагических центров и неспецифических гранул, свидетельствующих о развитии *воспалительной* реакции. Диагностированы *неопластические* изменения, при котором паренхима, клубочки и канальцы замещались низкодифференцированными, базофильными клетками. Выявлены *кровоизлияния* и множественная паразитарная инвазия. Паразиты предположительно типа Mixosporidia (семейство Mixidiidae) были найдены в просвете почечных канальцев и боуменном пространстве клубочков.

Таким образом, гистопатологическое исследование рыб, обитающих в реках Лососинке и Неглинке, выявило широкий спектр структурно-функциональных нарушений в жабрах, печени и почках и позволило оценить степень повреждения органов и их взаимосвязь с качеством вод. Ответная реакция рыб на загрязняющие вещества имеет общие закономерности и специфические черты в зависимости от условий среды обитания и особенностей самого организма. Многие виды загрязнений можно диагностировать по «функциям-мишеням», и эта система выявления специфических воздействий широко используется в международной практике для идентификации типа загрязнения (Лукияненко, 1983; Аршаница, 1988; Моисеенко, 2009). В случае многофакторного техногенного воздействия определить преобладающий тип загрязнения на основе поставленного диагноза крайне проблематично. Тем не менее существует ряд патологий, по наличию которых можно делать предположения о качественном составе комплекса загрязняющих веществ и продолжительности негативного воздействия.

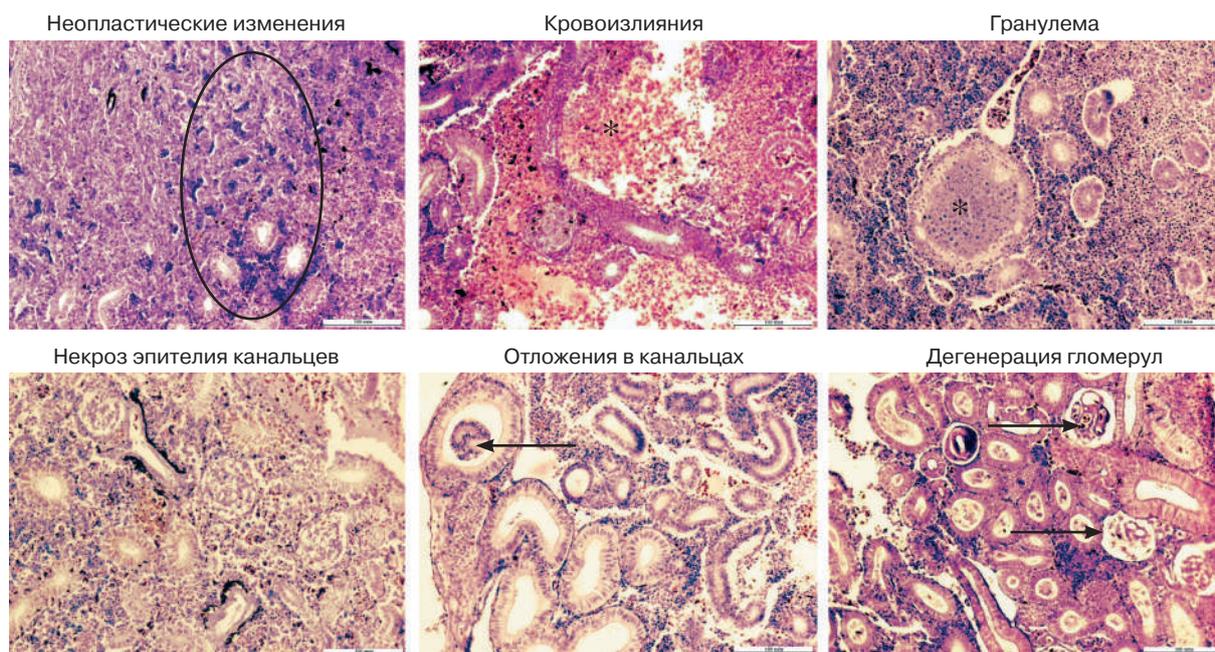


Рис. 11.7. Гистопатологии почек

Большинство патологий, диагностированных у рыб из рек Лососинки и Неглинка, можно интерпретировать как неспецифические ответные реакции, которые развиваются под влиянием большого разнообразия токсикантов: тяжелых металлов (Cerqueira, Fernandes, 2002), пестицидов (Ortiz et al., 2003), сырой нефти (Brand et al., 2001), аммиака (Wedemeyer et al., 1976) – и проявляются как при кратковременном воздействии, так и при хроническом загрязнении. Аналогичные изменения наблюдаются у рыб, населяющих урбанизированные водотоки, характеризующиеся многофакторной техногенной нагрузкой (Camargo, Martinez, 2007; Silva, Martinez, 2007).

Особый интерес представляют патологии, выявленные в данном исследовании, которые относятся к разряду уникальных специфических повреждений и развиваются под воздействием генотоксичных веществ (ПАУ, ПХБ, ДДТ, гексахлорбензен, афлатоксин В1), канцерогенность которых доказана в эксперименте и подтверждена натурными исследованиями (Voorman et al., 1997). Среди этих патологий специфически тканевыми маркерами загрязнения ПАУ являются неопластические изменения (табл. 11.1).

Таблица 11.1. Диагностические критерии присутствия канцерогенных и мутагенных соединений в воде

Биомаркеры	Река Лососинка	Река Неглинка
Очаги базофильных клеток	+	+
Очаги осветленных клеток	+	–
Неопластические изменения печени	+	+
Неопластические изменения почек	–	+

Еще одним достоинством биомаркеров является то, что по ряду патологий можно судить о продолжительности негативного техногенного воздействия (табл. 11.2). Большая часть диагностированных патологических изменений свидетельствует о том, что рыбы в исследуемых водотоках подвергаются хроническому сублетальному воздействию. На это указывают диагностированные гиперплазия жаберного эпителия, фиброз в жабрах и желчных протоках, некроз гемопоэтической ткани и гепатоцитов, кистозная дегенерация печени, наличие мелано-макрофагических центров.

Таблица 11.2. Индикаторы продолжительности загрязнения

Признаки хронического загрязнения	Признаки острой токсичности
Гиперплазия жаберного эпителия Фиброз жабр Фиброз желчных протоков Некроз тканей Гломерулонефрит	Аневризмы в жабрах Кровоизлияния Кариопикноз Образование новых нефронов Вакуолизация эпителия почечных канальцев

В то же время ряд обнаруженных патологий говорит об острой реакции организма рыб, вызванной залповыми выбросами загрязняющих веществ в водотоки. Такие изменения, как аневризмы, вакуолизация эпителия почечных канальцев, а также образование новых нефронов, служат признаками острой реакции организма рыб на изменения качества среды. По данным ряда исследователей, развитие новых нефронов является ранней ответной реакци-

ей организма в стрессовых ситуациях, которая обычно развивается от двух до четырех недель после воздействия и может длиться до двух месяцев (Gernhofer et al., 2001; Reimschuessel, 2001). Указанный факт дает возможность предполагать, что на фоне хронического загрязнения в настоящее время происходят спорадические единовременные выбросы токсичных загрязняющих веществ в реки.

Помимо диагностированных патологий в жабрах, печени и почках рыб, отмечалась множественная паразитарная инвазия (рис. 11.8), интенсивность которой определяется степенью техногенной нагрузки (Vladimirov, Flegov, 1975; Khan, 1991, 1994). Поэтому высокая зараженность рыб р. Лососинки также свидетельствует о низком качестве среды обитания.

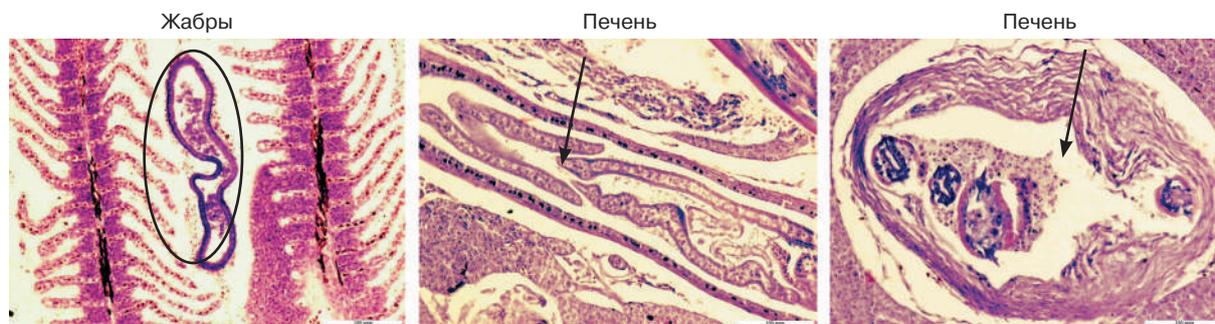


Рис. 11.8. Примеры паразитарной инвазии

Заключение

1. Структурно-функциональные нарушения, выявленные в жабрах, печени и почках рыб из рек Лососинки и Неглинки, отражают качество вод и продолжительность негативного воздействия.

2. Большинство диагностированных патологий – это неспецифические ответные реакции. Неопластические изменения являются специфическими биомаркерами воздействия токсичных соединений, обладающих мутагенными и канцерогенными свойствами.

3. Большая часть нарушений свидетельствует о том, что гидробионты в данных водотоках подвергаются хроническому сублетальному воз-

действию. Выявленные случаи образования новых нефронов указывают на острую реакцию организма рыб, вызванную залповыми выбросами загрязняющих веществ в водотоки.

4. Паразитофауна является показателем изменения качества вод. Множественная паразитарная инвазия может косвенно характеризовать условия в исследуемых водотоках как неблагоприятные для ихтиофауны.

5. Диагностированные гистопатологические изменения, вероятнее всего, связаны с превышениями ПДК по содержанию в водах и донных отложениях рек тяжелых металлов и нефтепродуктов.

ВМЕСТО ПОСЛЕСЛОВИЯ

Согласно «Этимологическому словарю» М. Фасмера слову *река* родственны такие слова, как *рой*, *ринуть(ся)*, *реять*. «Далее родственно др.-инд. *gayas* – „течение, ток“, *riyatē* – „двигается, начинает течь“, *gītīs* – „ток, бег“...» Слова-эквиваленты русскому *ринуть* в славянских языках имеют значения «разгребаю, очищаю» (в болгарском языке), «литься, струиться» (в чешском). В этом смысловом гнезде ядро составляет значение движения, стремления, очищения. Река – движение воды – движение крови по организму человека, на две трети состоящему из воды, а дальше уж ассоциаций немерено: кровь, речь, род, родина, Россия... И во всех-то этих словах есть звук ,р' – звонкий, причем звонкий непарный, звучный, яркий, говорят, такого раскатистого и резкого ,р', как в русском, нет в других языках. Речное русло и русло жизни – сегодня и то и другое нуждается в чистке.

На заре своей истории человек навсегда связал свою судьбу с рекой. Общеизвестно, что первые поселения появились по берегам и в устьях рек, при их слиянии, равно как и по берегам других водоемов. Москва и Москва-река, Лондон и Темза, Париж и Сена, города на Волге, Дунае или Рейне – трудно найти города, чья история не была бы связана с рекой или другим водоемом, а судя по таким названиям, как Ростов-на-Дону, Комсомольск-на-Амуре, Франкфурт-на-Майне, судьбы рек и городов слились воедино. В пойме р. Лососинки в 1703 г. Петром I был заложен пушечный завод, давший начало будущему городу Петрозаводску и навсегда поставивший в один ряд царя-реформатора, ускорившего развитие России, реку-труженицу и рабочее поселение.

Многие и многие поколения петрозаводчан, живущих около рек Лососинки и Неглинки, заботились о своих реках доступными для их времени способами. Водоохранная роль лесов была известна еще в XVIII в., и поэтому Канцелярией Олонецких Петровских заводов было запрещено рубить лес в пойме р. Лососинки. Противоэрозионные мероприятия предусматрива-

лись Петрозаводской городской думой в числе работ по благоустройству города: «...береговые спуски или покатоности по берегу Лососинки до дома лютеранской церкви выровнять и покрыть дерном»*. О соблюдении чистоты в городе пеклось и Олонецкое губернское по городским делам присутствие, о чем свидетельствует запись в его журнале от 11 мая 1876 г.: «Воспрещается: <...> б) разрывать берега или кряжи у рек Неглинки и Лососинки для добывания из них песку и глины, а также сваливать в них, равно на берег озера Онега, и бросать в воду вещества, подверженные гниению, издающие зловоние, ядовитые, и палых животных»**.

В XX в. петрозаводчане также уделяли большое внимание благоустройству территории, прилегающей к р. Лососинке. В 30-е гг. во время проведения субботников и воскресников они превратили пустырь, расположенный в Онегазаводской ямке, в замечательный парк, существующий и поныне. Жители г. Петрозаводска строили плотины, мосты, сажали деревья, и не всегда были довольны результатами своего труда. Обратим внимание на запись от 9 января 1951 г. в докладе заместителя председателя горисполкома И. Г. Киселева на сессии горсовета о состоянии коммунального хозяйства: «Существующая канализационная сеть проходит в основном в центре города и сбрасывает свои нечистоты в озеро и реки...»*** (это в середине-то XX в.!).

Лососинка и Неглинка относятся к малым рекам. В литературе нередко указывают на то, что малые реки с географических позиций изучены хуже, чем большие. И это обстоятельство вызывает обеспокоенность, так как на планете малые реки по разным подсчетам составляют не менее 95–99 % от общей длины всех рек. Из 26,7 тыс. рек Карелии только 30 имеют длину более

* Журнал Петрозаводской городской думы. 19 июля 1871 года // Национальный архив Республики Карелия, ф. 71, оп. 1, д. 5/125, л. 190.

** Цит. по: Петрозаводск. 300 лет истории. Кн. 2: 1803–1903. Петрозаводск, 2001. С. 160.

*** Цит. по: Петрозаводск. 300 лет истории. Кн. 3: 1903–2003. Петрозаводск, 2003. С. 403.

100 км (Каталог озер и рек., 2001). «Однако такое положение вещей оказывается вполне объяснимым с точки зрения истории науки: малые реки использовались эмпирически, в „донаучный период“ развития человечества, использование же крупных рек не могло быть эффективным без научного подхода»*.

В результате выявленного неблагоприятного состояния городских рек на научно-практическом семинаре «Современное состояние рек Лососинки и Неглинки» (ИВПС КарНЦ РАН, 14 июля 2011 г.) были предложены необходимые первоочередные меры по их охране:

1. Разработать программу регулярного комплексного контроля качества воды рек с использованием физико-химических и биологических показателей.

2. Выявить основные источники загрязнения рек и приступить к последовательной их ликвидации. Важнейшим вопросом остается сброс ливневых стоков в реки Лососинку и Неглинку. Необходимо организовать параллельный рекам ливневый сток, который бы проходил очистку на локальных очистных сооружениях. Привлечь специалистов для выбора места сброса очищенных ливневых стоков.

3. Осуществить рекультивацию почв на берегах рек, особенно в местах их наибольшего загрязнения (ОТЗ, железнодорожное депо и др.).

4. Выполнить очистку берегов рек от мусора.

5. Провести посадку кустарников на берегах рек, наиболее предпочтительные – ивы, которые будут не только украшать берега, но и выполнять функцию их очистки. Быстро растущие ивы будут предотвращать смыв загрязнений в реку, накапливать биогенные вещества, тяжелые металлы и другие токсичные вещества в древесине. Останется лишь время от времени убирать излишки растений (подстригать кустарник) и утилизировать их.

Наши малые реки предоставляют огромное поле деятельности для городской власти и партий, не желающих оставаться в стороне от экологических проблем, для бизнесменов и всех петрозаводчан, заинтересованных в оздоровлении среды своего обитания. Пример благородного отношения к природе вокруг нас подало городское казачье общество «Петрозаводское», которое вместо призывов и лозунгов стало чистить русло р. Неглинки. Казаки взяли под свою опеку один из самых загрязненных участков этой реки – от ул. Шотмана до ул. Антикайнена. За лето 2011 г. они с десятков раз выходили на реку очищать ее от мусора.

* Цит. по: Чернов А. В. Современное развитие малых рек центральных районов европейской части СССР // Малые реки центра Русской равнины, их использование и охрана. М., 1988. С. 15.

На работу по очистке Неглинки приходят казаки разного возраста, и дети тоже. Ведь это очень важно, чтобы молодежь не была в стороне от добрых дел. Поэтому представители казачьего движения обратились в школу № 17, чтобы привлечь ребят к уборке территории около р. Неглинки, к грамотному кормлению ставших совсем городскими уток. В планах у общества казаков патрулирование территории, на которой они могли бы в помощь городу постоянно следить за чистотой и порядком. Здесь же, считают в петрозаводском казачьем обществе, необходимо, основываясь на современных принципах организации территории, создать рекреационную зону: избавить р. Неглинку от ненужного ей островка-препятствия, образовавшегося из песка, ила и мусора на месте искусственного расширения реки; реконструировать старые мостики, построенные почти 40 лет назад и за это время ни разу не ремонтировавшиеся.

Проблемой реабилитации Лососинки и Неглинки немало занимается и Ассоциация зеленых Карелии. В частности, в 2005 г. Ассоциацией выполнялся проект «Моя чистая река. Образование в области экологической культуры» на базе лицея № 40 с привлечением учащихся лицея № 1 под научным руководством доцента Карельской государственной педагогической академии Т. В. Петровой. В процессе реализации проекта школьники оценивали санитарно-экологическое состояние рек Лососинки и Неглинки, определяли степень антропогенной нагрузки на реки, проводили оценку качества воды по некоторым физико-химическим показателям. Ребята писали отчеты по результатам исследований и рекомендации по улучшению экологической обстановки на водосборах, сами участвовали в акциях по очистке от мусора побережья Петрозаводской губы Онежского озера**.

У всех поколений петрозаводчан, и ныне живущих, и давно ушедших, есть связующая нить. На карте река – тоненькая ниточка, а подойдешь к ней поближе – она живая: льется, струится; здесь шумит, а здесь тихо разговаривает; прячется подо льдом и принаряжается в зеленые берега; то превращается в маленький ручеек, то возомнит себя бурной «крутой» рекой. Когда ни подойди к ней, она всегда другая. Волшебница. «Речь воды» (Н. Заболоцкий) завораживает, от бегущего водного потока невозможно оторвать взор. Поэтому хочется, чтобы этот поток был вечен, чтобы движение не прекращалось.

** Подробнее о проекте см.: Моя чистая река. Образование в области экологической культуры. Петрозаводск, 2006.

ГЛОССАРИЙ

‰ (промилле) – одна тысячная доля чего-либо (вещества, других характеристик). Единица измерения минерализации (солености) воды, уклонов водной поверхности и некоторых других параметров.

Альгоценоз – совокупность популяций различных видов водорослей, населяющих тот или иной водный *биотоп*.

Бактериоценоз – сообщества бактерий всех видов, населяющих тот или иной *биотоп*.

«Бараньи лбы» – округлые выступы склонов или невысокие холмы овальных очертаний, выработанные ледниковой эрозией в коренных породах в областях покровного четвертичного оледенения; сглаженные, отшлифованные ледниками и испещренные ледниковыми царапинами скальные выступы. Скопления «бараньих лбов» образуют своеобразный тип рельефа, называемый «курчавыми скалами».

Бассейн водного объекта – часть земной поверхности, включая толщу почво-грунтов, с которой вода стекает в данный водный объект. Отдельные бассейны разделяются водоразделами. Сток воды осуществляется по земной поверхности, в толще почв и рыхлых покровных отложений, а также по трещинам в кристаллических породах. Различают поверхностный и подземный бассейны, границы которых часто не совпадают (особенно в горных и карстовых районах). Для Карелии в качестве синонима можно применять термин *водосбор*.

Батиметрия – измерение глубин *водных объектов* специальными приспособлениями и приборами. На основе данных измерений составляются специальные батиметрические карты или карты глубин.

Бентос – совокупность организмов, обитающих на дне и в донных отложениях водных объектов. Бентос делят на растительный (фитобентос), животный (зообентос) и бактериальный (бактериобентос).

Беспозвоночные – многочисленная группа животных, не имеющих позвоночника: простейшие, губки, кишечнополостные, иглокожие, мол-

люски, кольчатые черви, членистоногие и ряд других, всего до 1–2 млн видов животных. Наиболее многочисленны среди беспозвоночных членистоногие, основную массу видов которых составляют насекомые.

Биогенные вещества – минеральные вещества, наиболее активно участвующие в жизнедеятельности водных организмов. К ним относятся соединения фосфора, азота, калия, кремния, железа и некоторых микроэлементов.

Биогенные элементы – 1) химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и выполняющие жизненно необходимые биологические функции (кислород, углерод, фосфор, азот и др.); 2) вещества, возникающие в результате распада мертвых организмов.

Биоиндикация воды (биологическая индикация воды) – оценка качества воды по наличию водных организмов, являющихся индикаторами ее загрязненности (ГОСТ 27065-86). Методы биоиндикации основываются преимущественно на двух принципах: регистрации находок характерных (показательных, или репрезентативных) организмов и анализе видовой структуры биоценозов. Реже состояние экосистемы оценивается по функциональным характеристикам (величине первичной продукции, интенсивности деструкции и некоторым другим показателям).

Биомаркеры – молекулярные, клеточные, биохимические и физиологические параметры, которые могут быть измерены в тканях и биологических жидкостях, указывающие на отклонения от нормального статуса под влиянием факторов различной природы (химической, физической или биологической).

Биомасса – общая масса живого вещества или видов, популяций или сообщества в целом, приходящаяся на единицу поверхности или объема местообитания. Чаще всего выражается в массе сырого или сухого вещества (г/м², кг/га, г/м³ и т. д.).

Биотестирование (биотест) – метод биологического контроля *загрязнения водных объектов*, оценка действия веществ на водные ор-

ганизмы путем регистрации изменений какого-либо биологического показателя исследуемого объекта по сравнению с контролем.

Биотоп – естественное, относительно однородное по абиотическим факторам жизненное пространство определенного *биоценоза*.

Биоценоз – биологическая система, представляющая собой совокупность популяций различных видов растений, животных и микроорганизмов, населяющих определенный *биотоп*.

Болото – участок суши с обильным застойным или слабопроточным увлажнением грунта в течение большей части года. Характеризуется процессом торфообразования и болотной растительностью. Возникают в результате зарастания внутриматериковых *водоемов* или заболачивания суши (лесов, лугов, вырубок, гарей и т. п.).

Бриз – местный ветер, дующий с суточной периодичностью по побережьям морей, больших озер, а также по берегам некоторых крупных рек. Меняет направление дважды в сутки, что обусловлено неравномерным нагревом поверхности суши и *водного объекта*, отражающимся на приземном слое воздуха. Дневной бриз дует с *водного объекта* на нагретое побережье, ночной – с охлажденного побережья на *водный объект*.

Водная масса – большой объем воды в *водоеме*, отличающийся от соседнего объема физическими параметрами (температурой, соленостью, плотностью, прозрачностью, количеством кислорода и др.). Между водными массами нет четких границ, а существуют переходные зоны – зоны взаимовлияния соседних водных масс. Каждая водная масса более или менее однородна по своим свойствам, но в переходных зонах эти характеристики могут резко меняться.

Водные объекты – места сосредоточения вод на земном шаре. Подразделяются на водоемы (океаны, моря, *озера*, *водохранилища*, пруды), водотоки (*реки*, каналы) и особые водные объекты (ледники, снежники, *болота* и водоносные горизонты). Некоторые исследователи болота относят к категории *водоемов*.

Водный баланс – соотношение за какой-либо промежуток времени (год, месяц, декаду и т. д.) прихода, расхода и аккумуляции (изменение запаса) воды для речного бассейна или участка территории, для озера или другого исследуемого объекта. В общем случае учету подлежат атмосферные осадки, конденсация влаги, горизонтальный перенос и отложение снега, поверхностный и подземный приток, испарение, поверхностный и подземный сток, изменение запаса влаги в почвогрунтах и др.

Водоем – скопление бессточных или с замедленным стоком вод в естественных или ис-

кусственных впадинах. При этом водная масса и вмещающая ее чаша представляют собой единый природный комплекс. Это океаны, моря, озера, водохранилища, пруды. Иногда сюда включают и болота, что не является общепризнанным.

Водоносный горизонт – толща горных пород, насыщенная водой, залегающая между двумя водоупорными толщами (слоями) пород (горизонт межпластовых вод) или только подстилаемая водоупорными пластами (горизонт грунтовых вод). Может состоять из пластов разного литологического состава.

Водообмен – перемещение воды между *водными массами* (внутренний) или между двумя соседними *водоемами* (внешний). См. также *коэффициент условного водообмена* и *период условного водообмена*.

Водосбор – см. *бассейн водного объекта*.

Водоток – водный поток, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности. Может быть постоянным (с течением воды круглый год) и временным (пересыхающим, перемерзающим), естественным или искусственным. Это реки, ручьи, каналы, временные русла (балки, овраги, ложбины стока).

Водоупор – горная порода, практически не пропускающая через себя воду, или относительно (по сравнению с водопроницаемыми слоями пород) водонепроницаемый ее слой. Водоупор, покрывающий водоносную породу, образует водоупорную кровлю, а подстилающий водоносную породу – водоупорное ложе.

Водоохранилище – искусственный водоем объемом более 1 млн м³, создаваемый в целях перехвата, задержания, накопления воды в периоды высокой водности для последующего ее использования в последующие периоды для различных хозяйственных целей, т. е. для перераспределения речного стока во времени. Создается, как правило, путем создания плотин на реках или в их истоках из озер. В последнем случае озера, режим которых искусственно изменяется и регулируется, входят в состав водохранилищ (озера-водохранилища). Для Карелии наиболее крупными и значимыми являются именно озерные водохранилища (Верхне-Свирское, Топо-Пяозерское, Выгозерско-Ондское, Сегозерское и др.).

Высшая водная растительность – крупные водные растения вне зависимости от их систематического положения, установление родовой (видовой) принадлежности которых не требует применения оптических приборов.

Галобионты – обитатели вод или почв с повышенной соленостью.

Гидробиология – наука, изучающая растительный и животный мир вод, их взаимоотношения друг с другом и с условиями обитания, о биологической продуктивности океанов, морей и внутренних вод.

Гидробионты – организмы, обитающие в водной среде.

Гидробиоценоз – водный *биоценоз*.

Гидрогеология – наука о подземных водах, изучающая их состав и свойства, происхождение, условия формирования ресурсов подземных вод, взаимодействие их с горными породами, поверхностными водами и атмосферой, а также возможности их хозяйственного использования.

Гидрографическая сеть – совокупность всех *водоемов* и *водотоков* естественного и искусственного происхождения (*реки*, ручьи, каналы, *озера*, пруды, *водохранилища*, *болота*), а также выходов подземных вод (*родники*) и временных водотоков (*балки*, *овраги*, *ложбины стока*) в пределах какой-либо территории.

Гидрология – наука о природных водах, изучающая их происхождение, условия залегания, законы движения, режим, физические и химические свойства, взаимосвязь с твердыми минералами, с атмосферными и поверхностными водами, их хозяйственное значение.

Гидроним – один из классов топонимов, названия водных объектов (океанов, морей, озер, рек, заливов, проливов, каналов и т. д.).

Гидрохимия – раздел геохимии, изучающий химический состав природных вод и его изменения во времени и пространстве в причинной взаимосвязи с химическими, физическими и биологическими процессами, протекающими как в воде, так и в окружающей среде.

Грунтовые воды – безнапорные или с местным напором подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта со свободным уровнем воды, расположенного на первом *водоупоре*.

Густота речной сети – отношение суммы длин всех *водотоков* какого-либо *бассейна водного объекта* или территории к площади этого *бассейна* (территории). Выражается в км/км².

Дебит – количество воды, поступающее в единицу времени из естественного (ключ, родник) или искусственного (колодец, скважина и др.) источника. Дебит подземных вод обычно выражается в л/с, м³/с или м³/сут.

Дельта – низменность в низовьях реки, сложенная речными наносами и расчлененная разветвленной сетью рукавов и протоков.

Деструкция – разрушение, нарушение нормальной структуры чего-нибудь.

Диатомовые водоросли (диатомеи) – кремнистые водоросли (*Bacillariophyta*), отдел

(тип) водорослей (около 20 тыс. видов). Диатомеи – микроскопические (0,75–1500 мкм) одноклеточные одиночные или колониальные формы; среди последних встречаются виды, живущие в слизистых трубках, образующие бурые кусты высотой до 20 см. Их клетки имеют твердый кремневый панцирь, состоящий из двух половинок, так называемых створок, находящихся одна на другую.

Длина реки – расстояние в км от истока (начала реки) до ее устья, измеренное по карте или аэрофотоснимку.

Донные отложения (осадки) – донные наносы и твердые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно в результате внутриводоемных физических, химических и биологических процессов, в которых участвуют вещества как естественного, так и антропогенного происхождения.

Жесткость воды – свойство природной воды, определяемое присутствием в ней растворенных солей кальция и магния.

Заводь – небольшой залив в русле реки с медленным, часто обратным течением.

Загрязнение – привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, обычно нехарактерных веществ и соединений или превышение естественного многолетнего уровня (в пределах его крайних колебаний) концентрации этих веществ и соединений. Возникает в результате антропогенного воздействия.

Закисление водоемов – увеличение кислотности воды *водных объектов* (понижение показателя *pH*).

Зообентос – см. *Бентос*.

Зоопланктон – см. *Планктон*.

Инфильтрационные подземные воды – воды, образовавшиеся в результате просачивания поверхностных вод и атмосферных осадков до уровня подземных вод.

Инфильтрация – проникновение атмосферной и поверхностной воды в породу и почву по капиллярным и субкапиллярным порам, трещинам и другим пустотам к уровню грунтовых вод.

Ихтиофауна – совокупность видов рыб и круглоротых какого-либо водоема, водотока или зоогеографической области.

Карстовые воды – подземные воды в трещинах, порах, каналах и пустотах, образовавшихся в карбонатных (известняки, доломиты) или гипогенных (гипсы, андриты, каменные соли) породах в результате процессов их растворения. Их формирование происходит за счет *инфильтрации* атмосферных вод и поглощения поверхностных *водотоков*.

Климат – многолетний режим погоды в том или ином регионе Земли, определяемый географическими условиями. Представление о климате складывается путем статистической обработ-

ки результатов метеорологических наблюдений за многолетний период (атмосферное давление, скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха, облачность, атмосферные осадки и др.). Климат является результатом физических (климатообразующих) процессов, непрерывно протекающих в атмосфере и деятельном (верхнем) слое почв (приток, преобразование, отдача и перенос тепловой, кинетической и других форм энергии, испарение, перенос и конденсация влаги и т. д.).

Конденсационные подземные воды – подземные воды, образующиеся путем конденсации водяных паров атмосферного воздуха в пустотах горных пород и горных выработках.

Коэффициент подземного питания – доля подземного стока в общем речном стоке за какой-то интервал времени.

Коэффициент условного водообмена – отношение приходных или расходных членов уравнения *водного баланса* к среднему объему воды в водном объекте. Показывает, сколько раз в году сменяются воды в водном объекте.

Литораль – мелководная часть озерной котловины, включающая в себя побережье и береговую отмель. Нижняя граница обычно определяется глубиной действия волн, иногда границей проникновения солнечных лучей. Глубина озерной литорали не превышает нескольких метров.

Литореофилы – виды макрозообентоса, наиболее требовательные к содержанию кислорода в воде и чувствительные к заилению; населяют каменистые грунты в водотоках.

Магматогенные (ювенильные) подземные воды – воды, впервые попавшие в гидролитосферу снизу или при преобразовании магмы.

Макрозообентос – совокупность беспозвоночных с размером тела свыше 2 мм, населяющих дно водоемов, водную растительность, а также другие субстраты.

Макрофиты – растения сравнительно больших размеров (главным образом *высшие водные растения*), образующие ряд экологических группировок в водоеме: 1) макрофиты с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, рдест плавающий, ряска и др.); 2) надводные макрофиты (тростник, рогоз, ежеголовник и др.); 3) подводные макрофиты (рдесты, элодея, роголистник, уруть и др.). Макрофиты определяют, как правило, газовый режим водоемов за счет фотосинтеза.

Меандры – излучины, плавные изгибы речного русла, возникающие при определенных соотношениях водности реки и скорости течения воды. В формировании меандров участвуют течения (не совпадающие с направлением основного потока), поверхностные струи которых под-

мывают вогнутый берег, а донные, насыщенные наносами, направлены к выпуклому берегу, где наносы частично откладываются. Поэтому вогнутый берег меандров обычно крутой, выпуклый – отмель. Изгибы русла постепенно меняют свое положение, что приводит к смещению меандров вниз по течению, изменению их плановых очертаний. *Водоток* иногда прорывает себе новый, более короткий путь, а меандры при этом превращаются в пойменные озера.

Межень (меженный период) – систематически наблюдаемая фаза режима *водного объекта* (реки, озера) продолжительностью не менее 10 дней, характеризующаяся устойчивыми низкими уровнями и малыми расходами воды (для рек). Наиболее выражена в периоды сухой или морозной погоды, когда водность водных объектов поддерживается главным образом грунтовым питанием при сильном уменьшении или прекращении поверхностного стока. В умеренных и высоких широтах различают летнюю и зимнюю межень.

Межпластовые воды – водоносные горизонты, залегающие между двумя слабопроницаемыми (водоупорными) пластами. Обычно являются напорными.

Метаморфогенные подземные воды – воды, образовавшиеся в пределах гидролитосферы путем преобразования различных видов воды в гравитационную. Делятся на восстановленные (из осадочных пород) и возрожденные (из магматических пород).

Минерализация воды – суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ.

Модуль стока – *объем стока воды* в единицу времени с единицы площади *водосбора*. Вычисляется путем деления *расхода воды* на площадь водосбора. Обычно выражается в л/с × км² или м³/с × км².

Мониторинг – система наблюдений за антропогенными изменениями окружающей природной среды, оценки и прогноза ее состояния на фоне естественных ее изменений.

Морена (моренные отложения) – отложения несортированных обломков горных пород, переносимых или отложенных ледниками при их движении и выпахивании ложа. По составу очень разнообразны (от суглинков до валунников), содержат гальку и валуны с ледниковыми шрамами и полировкой. Образуют различные формы моренного рельефа.

Морфометрия – раздел геоморфологии (наука о рельефе земной поверхности), изучающий количественные характеристики рельефа (в том числе и *водных объектов*): длины, площади, высоты, объемы, глубины и т. п. Морфоме-

трические показатели (характеристики) получают главным образом в результате обработки топографических карт и аэрофотоснимков.

Объем стока воды – объем воды, прошедший через поперечное сечение речного потока за какой-либо период (сутки, месяц, год и т. п.). Выражается в тыс. м³, млн м³, км³.

Озерная котловина – понижение земной поверхности, служащееместилищем озерной воды. Включает озерное ложе (чашу), заполняемое водой до высоты наибольшего подъема уровня, береговую зону и склоны котловины.

Озерные террасы – плоские (горизонтальные или слабонаклонные в сторону водоема) поверхности по берегам озер, обязанные своим происхождением выравнивающей деятельностью приобоя. Могут быть надводными (сформированными в периоды трансгрессии водоема, иногда удаленными от современной береговой линии) или подводными (отражающими периоды регрессии).

Озеро – естественный водоем суши с замедленным водообменом и не имеющий прямой связи с Мировым океаном.

Омут – наиболее глубокое место в озере или русле реки. Дно в этом месте углублено течением или «высверлено» водоворотами.

Относительная влажность – отношение упругости водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха, к упругости насыщающего пара при той же температуре. Выражается в процентах.

Паводок – сравнительно кратковременное и непериодическое увеличение расхода воды рек и подъем уровня водных объектов в результате обильных дождей, быстрого таяния снега и ледников при оттепелях, попусках воды из водохранилищ, прорывов плотин и дамб. В отличие от половодий может случаться в любое время года.

ПДК – предельно допустимая концентрация – концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования. Для одного и того же вещества в зависимости от видов водопользования могут устанавливаться различные ПДК. Наиболее высокие требования предъявляют санитарно-бытовое и рыбохозяйственное водопользование.

Пелагиаль – область открытой воды, находящейся в пределах профундали (глубинная область озера).

Пережат – мелководный участок русла реки, обычно имеющий вид вала с пологим скатом, обращенным против течения, и крутым – по течению. Образуется в результате неравномерного размыва русла водным потоком и отложением наносов.

Период условного водообмена – величина, обратная коэффициенту условного водообмена. Характеризует время, в течение которого произойдет полная замена воды в водном объекте. Измеряется в годах или сутках.

Перифитон – совокупность живых организмов (растений, животных, микроорганизмов), прикрепленных к погруженным в воду предметам в водоемах. В настоящее время в этом значении часто употребляется термин «обрастание».

Питание водоносного горизонта – поступление воды путем инфильтрации атмосферных осадков, поглощения поверхностных вод, притока из соседних горизонтов.

Планктон – совокупность организмов, населяющих толщу воды и пассивно переносимых течениями. Планктонные организмы либо лишены способности к самостоятельному движению, либо обладают ей в незначительной степени и не могут противодействовать переносу их водой. В его состав входят животные (зоопланктон) и растения (фитопланктон).

Плес – глубокий участок русла реки, расположенный между перекатами, обычно расположенный в русле меандрирующей реки у вогнутого участка излучены берега.

Площадь зеркала озера (водной поверхности) – площадь водоема без островов.

Площадь озера – площадь водоема с островами.

Поверхностные воды – воды суши, постоянно или временно находящиеся на земной поверхности в жидком (реки, ручьи, каналы, временные водотоки, озера, пруды, водохранилища, болота) или твердом (ледники и снежный покров) состоянии.

Подземные воды – воды, находящиеся в горных породах верхней части земной коры в жидком, твердом и парообразном состоянии. Различают напорные воды и безнапорные воды; свободные подземные воды (гравитационные воды, грунтовые воды) и связанные, удерживаемые молекулярными силами (гигроскопические, пленочные, капиллярные, кристаллизационные воды). По степени минерализации подразделяются на пресные – до 1 г/л, солоноватые – 1–10 г/л, соленые – 10–50 г/л (или 35 г/л) и подземные рассолы – свыше 50 г/л (или свыше 35 г/л); по температуре делятся на переохлажденные (ниже 0 °С), холодные (0–20 °С), теплые (20–37 °С), горячие (37–50 °С), очень горячие (50–100 °С) и перегретые (свыше 100 °С). Подземные воды – ценное полезное ископаемое, характерная особенность которого – возобновляемость в естественных условиях и в процессе эксплуатации. Возобновляемость подземных вод оценивает-

ся их ресурсами, а общее количество – запасами подземных вод.

Подземный сток – процесс перемещения *подземных вод* под действием гидравлического напора или силы тяжести. Составная часть влагооборота на Земле. Количественно выражается *расходом* подземных вод ($\text{м}^3/\text{с}$), *модулем стока* ($\text{л}/\text{с} \times \text{км}^2$) или слоем воды ($\text{мм}/\text{год}$), а также относительными величинами: коэффициентом подземного стока (в % от количества атмосферных осадков) и подземного питания рек (в % от общего речного стока).

Пойма – часть дна *речной долины*, покрываемая водой в *половодье* или во время *паводков*.

Половодье – одна из фаз *водного режима реки*, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон года, относительно длительное и значительное увеличение *водности* реки, вызывающее подъем ее уровня; обычно сопровождается выходом вод из *меженного русла* и затоплением *поймы*.

Вызывается усиленным продолжительным притоком воды, который может быть обусловлен: весенним таянием снега на равнинах; летним таянием снега и ледников в горах; обильными дождями (например, летними *муссонами*).

Для рек Карелии характерны половодья, вызванные весенним снеготаянием.

Поровые воды (поровые растворы) – *подземные воды*, находящиеся в порах горных пород, почв и донных осадков океанов, морей и озер.

Порог – мелководный каменистый или скалистый участок в *русле* реки, образуемый выходами коренных трудно размываемых горных пород или скоплением валунов и обломков горных пород, характеризующийся большими уклонами и скоростями течения.

Потамонимы – вид *гидронимов*, названия рек.

Пьезометрический уровень подземных вод – напорный уровень, устанавливающийся в скважинах-пьезометрах при вскрытии напорных вод. Выражается в атмосферах или абсолютных отметках.

Разгрузка подземных вод – отток и расходование запасов подземных вод данного водного горизонта.

Расход воды – объем воды, протекающий через живое (поперечное) сечение водотока в 1 секунду. Выражается в $\text{л}/\text{с}$ или $\text{м}^3/\text{с}$.

Река – водный поток значительных размеров, постоянно текущий в разработанном им *русле* и питающийся за счет поверхностного и подземного стока с его бассейна. Река со своими притоками образует речную систему.

Речные долины – отрицательные линейно вытянутые формы рельефа, образованные главным образом *эрозионной деятельностью* рек. Повторяют в основных чертах направление рек, обладают общим падением от истоков к устью. Обычно включают в себя *русло*, *пойму*, надпойменные террасы и коренные берега.

pH – водородный показатель. Величина, характеризующая активность или концентрацию ионов водорода в растворах и численно равная отрицательному десятичному логарифму этой активности или концентрации. Чем ниже значение pH, тем выше кислотность воды.

Родник (источник, ключ) – естественные выходы подземных вод на земную поверхность (на суше или под водой).

Русло – наиболее пониженная часть речной долины, по которой происходит сток в периоды без половодий и паводков. Деформируется в результате *эрозионной деятельности* речного потока.

Ручей – небольшой постоянный или временный *водоток*, образующийся от стока снеговых, дождевых или при выходе на поверхность *подземных вод*. Обычная *длина*, как правило, 3–5 км.

Сапробность – 1) степень насыщенности воды разлагающимися органическими веществами; 2) комплекс физиолого-биохимических свойств организма, обуславливающий его способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ, т. е. с той или иной степенью загрязнения В зависимости от степени сапробности (загрязнения) воды различают поли-, мезо- и олигосапробионты.

Свободная вода – подземная вода, содержащаяся в горных породах и находящаяся под влиянием гравитационных сил.

Седиментогенные (седиментационные) подземные воды – воды морского происхождения, разделяющиеся на сингенетичные (захороненные вместе с морскими осадками) и эпигенетичные (попавшие в породу после ее образования). В ходе последующего тектонического развития такие воды претерпевают значительные изменения в процессе диагенеза, тектонических движений и других факторов, попадая в зоны повышенных давлений и температур. Нередко их называют погребенными.

Сукцессия – последовательная необратимая смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате влияния природных факторов (в том числе внутренних сил) или воздействия человека.

Таксон – 1) любая систематическая категория (вид, род, семейство, отряд и т. д.); 2) название классификационных единиц, показывающее их ранг или место в системе.

Таксономия – теория классификации и систематизация сложноорганизованных областей действительности, имеющих обычно иерархическое строение (органический мир, объекты географии, геологии, биологии, языкознания, этнографии и т. д.).

Тектоника (геотектоника) – отрасль геологии, изучающая развитие глубинных структур земной коры и их изменения под влиянием движений и деформаций, связанных с развитием Земли в целом; строение какого-либо участка земной коры, определяющееся совокупностью тектонических нарушений и историей их развития.

Темновая ассимиляция – фаза фотосинтеза, совокупность светонезависимых процессов восстановления углекислого газа с образованием стабильных продуктов ассимиляции, преимущественно углеводов.

Токсичность воды – способность воды оказывать вредное воздействие на организм человека, на животных и растения за счет присутствия в ней некоторых химических соединений и веществ биологической природы (С.э.с.).

Топонимия – совокупность географических названий какой-либо территории.

Трещинно-жильные подземные воды – подземные воды, залегающие и циркулирующие в отдельных открытых трещинах, зонах повышенной трещиноватости и тектонических нарушений, распространяющихся обычно на большую глубину.

Трещинные воды – подземные воды, залегающие и циркулирующие в плотных осадочных, магматических и метаморфических горных породах, нарушенных трещинами. Перемещаются по системе сопряженных трещин различных размеров, образующихся в горных породах под воздействием тектонических, климатических, геоморфологических и других факторов.

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

По уровню трофности водоемы делятся на:

- дистрофные;
- олиготрофные – водоемы с низким уровнем первичной продуктивности, низким содержанием органических веществ;
- мезотрофные;
- эвтрофные.

Удельный водосбор – отношение площади водосбора водоема к площади его зеркала (км² на км²).

Уклон реки (русла) – отношение падения реки на каком-либо участке в метрах к длине

этого участка или падения всей реки к ее длине. Выражается в м/км или *промилле* (‰).

Устье – место впадения реки в водохранилище, озеро, море или другую реку. Часть реки, примыкающая к устью, может образовывать *дельту* или эстуарий (затопляемое устье).

Фенолы – ароматические соединения, имеющие в молекуле гидроксильные группы, непосредственно связанные с атомами углерода ядра. В естественных условиях образуются при процессах метаболизма водных организмов, при биохимическом окислении и трансформации органических веществ, протекающих как в водной толще, так и в *донных отложениях*. Являются одним из наиболее распространенных загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами.

Фитоперифитон – см. *Перифитон*.

Фитопланктон – см. *Планктон*.

Фотосинтез – превращение зелеными растениями и фотосинтезирующими организмами лучистой энергии Солнца в энергию химических связей органических веществ.

Хлорофилл – зеленый пигмент растений. В процессе *фотосинтеза* поглощает световую энергию и превращает ее в энергию химических связей органических соединений.

Цветность – показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных органических соединений. Выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы – условной шкалы, состоящей из набора пробирок, содержащих стандартные растворы хлорплатината калия и хлористого кобальта различной концентрации, с которыми сравнивают окраску природной воды и таким образом определяют ее окраску.

Штиль – безветрие или слабый ветер, скорость которого не превышает 0,5 м/с; состояние водоема, при котором на его поверхности отсутствуют ветровые волны.

Эвтрофирование водоемов – повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов. В более конкретном понимании – повышение уровня первичной продукции планктона благодаря увеличению в водах концентрации биогенных и органических веществ. Различают естественное (длится тысячелетиями) и антропогенное эвтрофирование (развивается быстро) (Инт.).

Экзарация (ледниковая эрозия) – выпахивание коренного ложа ледника обломками горных пород, вмёрзшими в движущийся лед (*морены*); способствует выработке многих ледниковых форм рельефа.

Экология – наука о взаимоотношениях организмов и их сообществ с окружающей средой. Изучает влияние окружающей среды в целом и ее отдельных факторов на организмы, становление их морфологических и физиологических особенностей, а также изменение численности организмов в зависимости от условий окружающей среды; взаимоотношения биоты со средой, внутривидовые и межвидовые отношения организмов.

Электропроводность – показатель, характеризующий способность воды проводить элек-

трический ток. Зависит в основном от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. По нему можно приближенно судить о минерализации воды.

Эрозия, эрозионная деятельность – разрушение почв и горных пород текучими водами, один из основных факторов формирования рельефа земной поверхности.

Этимология – происхождение слова; раздел языкознания, занимающийся изучением первоначальной словообразовательной структуры слова и выявлением элементов его древнего значения.

ЛИТЕРАТУРА

- Алекин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 269 с.
- Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 152 с.
- Алимов А. Ф. Разнообразие, сложность, стабильность, выносливость экологических систем // Журн. общ. биол. 1994. Т. 55, № 3. С. 285–302.
- Алисов Б. П., Полтараус Б. В. Климатология. М.: МГУ, 1962. 226 с.
- Андрианов А. А. Водный баланс водосбора р. Томицы (Южная Карелия) // Сб. работ Ленинградской и Петрозаводской ГМО. 1974. Вып. 8. С. 253–269.
- Аршаница Н. М. Материалы ихтиотоксикологических исследований в бассейне Ладожского озера // Влияние загрязнений на экосистему Ладожского озера. Л.: ГосНИОРХ, 1988. С. 12–23.
- Аршаница Н. М., Лесников Л. А. Патоморфологический анализ состояния рыб в полевых и экспериментальных исследованиях // Методы ихтиотоксикологических исследований. Л.: ГосНИОРХ, 1987. С. 7–9.
- Бакаева Е. Н., Никаноров А. М. Гидробионты в оценке качества воды суши. М.: Наука, 2006. 239 с.
- Баканов А. М. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
- Барышев И. А., Хренников В. В., Лузгин В. К. Влияние городских стоков на бентосных беспозвоночных пороговых участков р. Лососинка (Карелия) // Биология внутр. вод. 2001. № 4. С. 73–78.
- Беличенко Ю. П., Швецов М. М. Малые реки – большие проблемы // Человек и вода. М.: Колос, 1979. С. 118–125.
- Березина Н. А., Панов В. Е. Вселение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Amphipoda, Crustacea) в Онежское озеро // Зоол. журн. 2003. Т. 82, № 6. С. 731–734.
- Биологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и Биотестирование. Учебное пособие / Под ред. О. П. Мелехова, Е. И. Сарapultцева. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 288 с.
- Бородулина Г. С. Роль подземного стока в формировании химического состава воды озер бассейна Онежского озера // Тр. КарНЦ РАН. (Водные проблемы Севера и пути их решения.) 2011. № 4. С. 108–115.
- Винберг Г. Г. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод в СССР // Влияние загрязняющих веществ на гидробионтов и экосистемы водоемов. Л., 1979. С. 285–292.
- Винберг Г. Г., Алимов А. Ф., Балушкина Е. В. и др. Опыт применения разных систем биологической индикации загрязнения вод // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеоздат, 1977. С. 124–131.
- Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества / Ред. Н. Филатов, А. Литвиненко, А. Сяркиоя, Р. Порттикиви, Т. Регеранд. Петрозаводск; Куопио: КарНЦ РАН, 2006. С. 144–161.
- Волкова О. В., Елецкий Ю. К. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 1982. 304 с.
- Вудивисс Ф. Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л., 1977. С. 132–161.
- Государственный водный кадастр. Разд. 1. Сер. 3. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Ч. 1. Т. 1. РСФСР. Вып. 5. Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озер. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 688 с.
- Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1999 г. Петрозаводск, 2000. С. 18–25.
- Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республика Карелия в 2007 г. Петрозаводск: Карелия, 2008. 304 с.

Гусева Н. А. Методы эколого-физиологического исследования водорослей // Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. Ч. 1. М.; Л., 1956. С. 122–160.

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 243 с.

Демидов И. Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 171–182.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Л., 1974. 403 с.; Т. 2. Вып. 1. Л., 1988. 116 с.; Вып. 2. СПб., 1992. 125 с.

Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. М., 1951. 619 с.

Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. Л., 1949. Кн. 1. 240 с.; Кн. 2. 288 с.

Дьячков А. В. О необходимости создания универсальной классификации качества вод // Гидробиол. журн. 1984. Т. XX, № 3. С. 43–45.

Есин Е. В. Сравнение разных методов количественного учета молоди лососевых рыб (Salmonidae) в малой реке Микочева (Западная Камчатка) // Вопр. ихтиологии. 2009. Т. 49, № 6. С. 800–808.

Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. М.: АКВАРОС, 2001. 52 с.

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию. Петрозаводск, 2003. 304 с.

Историко-картографический атлас Петрозаводска / ООО «Карелгеоцентр»; гл. ред. В. Ландграф. Петрозаводск: ПетроПресс, 2010. 88 с.

Калинкина Н. М. Два метода биотестирования природных и сточных вод // Экологические исследования природных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. С. 83–87.

Калинкина Н. М. Оценка пригодности участка водоема для рекреации // Там же. С. 87–89.

Калинкина Н. М. Использование тест-объекта *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg при биотестировании техногенных вод горнорудного производства // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. С. 48–52.

Калинкина Н. М., Чекрыжева Т. А., Куликова Т. П., Рябинкин А. В. Особенности реакции биоты водоемов Карелии на изменение ионного состава воды в условиях воздействия отходов горнорудного производства // Тр. КарНЦ РАН. (Во-

дные проблемы Севера и пути их решения.) 2011. № 4. С. 29–34.

Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н. Н. Филатова и А. В. Литвиненко. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 290 с.

Кашулин Н. А., Лукин А. А. Принципы организации ихтиологического мониторинга поверхностных вод // Эколого-географические проблемы Кольского Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 1992. С. 74–84.

Керт Г. М., Мамонтова Н. Н. Загадки карельской топонимики: Рассказ о географических названиях Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1976. 102 с.

Китаев С. П. Основы гидробиологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.

Климат Карелии: изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 224 с.

Климат Петрозаводска / Под ред. Ц. А. Швер. Л., 1982. 212 с.

Клыпучо В. С., Смирнов Ю. А., Шустов Ю. А., Маслов С. Е. Эффективность использования аппаратов электролова ранцевого типа БЕ-1 «Форель» на лососевых реках Европейского Севера // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1987. Вып. 260. С. 121–125.

Комулайнен С. Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. 43 с.

Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек Республики Карелия // Ботан. журн. 2004. Т. 89, № 3. С. 18–35.

Комулайнен С. Ф., Круглова А. Н., Хренников В. В., Широков В. А. Методические рекомендации по изучению гидробиологического режима малых рек. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1989. 41 с.

Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вислянская И. Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. 81 с.

Коросов А. В., Горбач В. В. Компьютерная обработка биологических данных: Методическое пособие. Петрозаводск: ПетрГУ, 2007. 76 с.

Крайнов С. Р., Закутин В. П. Загрязнение подземных вод в сельскохозяйственных регионах // Гидрогеол., инж. геология: Обзор / АО «Геоинформмарк». М., 1993. 86 с.

Криволицкий Д. А. Биоиндикация в системе наук о состоянии окружающей человека среды // Пробл. экол.: Материалы 1-го Учредит. совещ. акад. наук соц. стран по пробл. «Экология» (Суздаль, май, 1990). Петрозаводск, 1990. С. 42–69.

Крутских Н. В., Кричевцова М. В. Эколого-геохимическая оценка состояния донных отло-

жений оз. Четырехверстного // Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана. Материалы IV Школы-конференции молодых ученых с международным участием. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 59–64.

Кузьмин Г. В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан, 1984. 48 с.

Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.

Кухарев В. И. Методические аспекты биологической оценки качества вод малых водотоков в связи с хозяйственной деятельностью на их водосборах // Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Петрозаводск, 1986. С. 73–78.

Кухарев В. И., Полякова Т. Н., Рябинкин А. В. Распространение байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Ampipoda, Crustacea) в Онежском озере // Зоол. журн. 2008. Т. 87, № 10. С. 1270–1273.

Лаврова Н. Б. Некоторые особенности состава спорово-пыльцевых спектров позднеледниковых отложений Олонецкого плато // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 183–188.

Литинская К. Д. Гидрология губы Онежского озера как источника водоснабжения г. Петрозаводска // Вопросы гидрологии, озероведения и водного хозяйства Карелии. Петрозаводск, 1965. С. 5–24.

Логвиненко Н. В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования). Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1974. 400 с.

Лозовик П. А., Бородулина Г. С. Соединения азота в поверхностных и подземных водах Карелии // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 6. С. 694–704.

Лосева Э. И. Атлас пресноводных плейстоценовых диатомей европейского северо-востока. СПб.: Наука, 2000. 211 с.

Лукин А. А. Патология рыб как индикатор качества вод Кольского Севера // Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 1995. С. 105–119.

Лукьяненко В. И. Ихтиотоксикология. М.: Агропром, 1983. 383 с.

Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л., 1974. 60 с.

Малые реки Волжского бассейна / Под ред. Н. И. Алексеевского. М., 1998. 234 с.

Мамонтова Н. Н., Муллонен И. И. Прибалтийско-финская географическая лексика Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1991. 161 с.

Мануйлова Е. Ф. Ветвистоусые рачки фауны СССР. М.; Л.: Наука, 1964. 326 с.

Мартанов В. Г. Семга уральских притоков Печоры: Экология, морфология, воспроизводство. Л.: Наука, 1983. С. 127.

Мартынов В. Г. Сбор и первичная обработка биологических материалов из промысловых уловов атлантического лосося. Сыктывкар: АН СССР, Уральское отделение, Коми научный центр, 1987. 38 с.

Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 167 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция / Составители: Г. М. Лаврентьева, В. В. Бульон. ГосНИОРХ, 1981. 32 с.

Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов. М., 1981.

Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. 400 с.

Молчанов И. В. Онежское озеро. Л.: Гидрометеол. изд-во, 1946. 208 с.

Мордухай-Болтовский Ф. Л. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона // Тр. проблемных и тематических совещаний. Вып. 2. Проблемы гидробиологии внутренних вод. М.; Л., 1954. С. 223–241.

Мулло И. М. Петровская слобода. Петрозаводск, 1981. 78 с.

Мулло И. М., Рыбак Е. Д. Петрозаводск. Петрозаводск, 1979. 182 с.

Муллонен И. И. Гидронимия бассейна реки Ояты. Петрозаводск: Карелия, 1988. 162 с.

Муллонен И. И. Кивоя и Кивручей: две адаптационные модели в топонимии Присвирья // Ономастика Карелии: Проблемы взаимодействия разноязычных ономастических систем. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. С. 4–17.

Назарова Л. Е. Продолжительность солнечного сияния в Карелии // Водная среда Карелии: исследования, использование и охрана. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. С. 63–66.

Николаев С. Г., Соколова Н. Ю., Смирнова Л. А. и др. Метод биологического анализа уровня загрязнения малых рек Тверской области. М., 1992.

Обзор методов оценки продукции лососевых рек. Архангельск, 2000. 48 с.

Онежское озеро: Атлас. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 151 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л., 1977. 511 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 1.

Низшие беспозвоночные. СПб., 1994. 394 с.; Т. 2. Ракообразные. СПб., 1995. 627 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР в 14-ти вып. АН СССР, Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова / Отв. ред. М. М. Голлербах; ред. вып. К. Л. Виноградова; авт. вып. Н. А. Мошкова, М. М. Голлербах.

Определитель пресноводных водорослей СССР. Л.: Наука, 1951–1986. Вып. 1–8, 10, 11, 13, 14.

Охрана водосборов в России и США / Ред. М. Тысячнюк, И. Кулясов, А. Кулясова. Вологда: Изд. центр Вологодского ин-та развития образования, 2001. 340 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 227 с.

Потахин М. С. Морфологические особенности водоемов г. Петрозаводска // Водная среда и природно-территориальные комплексы: исследование, использование, охрана. Материалы IV Школы-конференции молодых ученых с международным участием. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. С. 180–183.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищепромиздат, 1966. 270 с.

Практическое руководство по оценке экологического состояния малых рек: Учебное пособие для сети общественного экологического мониторинга. СПб.: Крисмас+, 2006. 176 с.

Ресурсы и геохимия подземных вод Карелии / Под ред. А. В. Иешинной, И. К. Поленова и др. Петрозаводск, 1987. 151 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 700 с.; Ч. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 278 с.

Роскин Г. И., Левинсон Л. Б. Микроскопическая техника. М.: Сов. наука, 1957. 486 с.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

Рыбаков Д. С., Слуковский З. И. Геохимические особенности загрязнения донных осадков зарегулированной городской реки // Учен. зап. ПетрГУ, сер. Естеств. и техн. науки. 2012. № 4 (125). С. 67–73.

Рылов В. М. Фауна СССР. Ракообразные. Т. 3. Вып. 3. М.; Л.: АН СССР, 1948. 319 с.

Сабьлина А. В. Онежское озеро и его притоки. Химический состав воды притоков // Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 21–29.

Сазонова А., Смирнова И., Колобова А., Мюллерри О. Исследование изменчивости показателя кислотности реки Неглинки в зимне-весенний период // Водная среда Карелии: исследования, использование и охрана. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. С. 130–133.

СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников». М., 2002.

Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Орех, 2004. 125 с.

Сластина Ю. Л., Комулайнен С. Ф., Потахин М. С., Клочкова М. А. Структура криофитона в озерах города Петрозаводска // Тр. КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 138–141.

Соколов В. Е., Шаланки Я., Криволицкий Д. А. Международная программа по биоиндикации антропогенного загрязнения природной среды // Экология. 1990. № 2. С. 30–34.

Старцев Н. С. Примечательные родники Петрозаводска // Краеведу 10 лет. Петрозаводск: ПетрГУ, 1999. С. 94–97.

Старцев Н. С., Коваленко В. Н. Режим искусственного водоема в Петрозаводске // Исследование водных ресурсов Карелии. Оперативно-информационные материалы. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1989. С. 37–41.

Строганов Н. С. Методика определения токсичности водной среды // Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971. С. 14–60.

Тимакова Т. М., Янкелович Т. Л. Микробиологическая оценка состояния урбанизированных притоков Онежского озера // Северная Европа в XXI веке: природа, культура, экономика. Материалы междунар. конф., посвящ. 60-летию КарНЦ РАН (24–27 окт. 2006 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 307–310.

Тыркин И. А., Щуров И. Л., Широков В. А. Состояние естественного воспроизводства пресноводного лосося в некоторых притоках Онежского озера // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Материалы XXVIII Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. С. 573–577.

Тыркин И. А., Щуров И. Л., Широков В. А. и др. Лососинка: перспективы возрождения статуса лососевой реки // Учен. зап. ПетрГУ. 2011. № 4 (117). С. 26–31.

Уломский С. Н. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер // Тр. Всесоюз. гидробиол. об-ва. Т. 3. М., 1951. С. 3–14.

Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. М.: СЭВ, 1976. 185 с.

- Филатова В. Ф. Мезолитические памятники Карелии. Каталог. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. 186 с.
- Флеров Б. А., Жмур Н. С. Биотестирование с использованием цериодафний // Методическое руководство по биотестированию воды. РД-118-02-90. М., 1991. 192 с.
- Хейсин Е. М. Краткий определитель пресноводной фауны. М., 1962. 148 с.
- Хохлова Т. Ю., Антипин В. К., Токарев П. Н. Особо охраняемые природные территории Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. 312 с.
- Чалова И. В. Использование биотеста на *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg в экотоксикологических исследованиях // Физиология и токсикология пресноводных животных. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2007. С. 252–268.
- Чертопруд М. В. Мониторинг загрязнения водоемов по составу макробентоса. Методическое пособие. М.: Ассоциация по химическому образованию, 1999. 17 с.
- Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 179 с.
- Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2012 года // Бюллетень. М.: Росстат, 2012. 524 с.
- Шварц С. С. Эволюция биосферы и экологическое прогнозирование // Вестн. АН СССР. 1976. № 2. С. 61–72.
- Швец П. Д. Гидрологическая изученность Онежского озера и его бассейна // Исследования режима и расчеты водного баланса озера-водохранилищ Карелии. Вып. 2. Л., 1977. С. 3–24.
- Шуйский В. Ф. Закономерности лимитирования пресноводного макрозообентоса экологическими факторами: Дис. ... докт. биол. наук. СПб., 1997. 639 с.
- Щуров И. Л., Широков В. А., Тыркин И. А., Шульман Б. С. Результаты рекультивации нерестилища лосося в реке Суна // Тр. Гос. природ. заповедника «Кивач». Вып. 4. Петрозаводск, 2008. С. 154–155.
- Эльпинер Л. И. О влиянии водного фактора на состояние здоровья населения России // Водные ресурсы. 1995. Т. 22. № 4.
- Эльяшев А. А. О простом способе приготовления высокопреломляемой среды для диатомового анализа // Сб. статей по палеонтологии и биостратиграфии. НИИ геологии Арктики. 1957. 4. С. 74–75.
- Яшнов В. А. Практикум по гидробиологии. М., 1969. 428 с.
- Adams S. M. Assessing cause and effect of multiple stressors on marine systems // Mar. Pollut. Bull. 2005. Vol. 51, N 8. P. 649–657.
- Blazer V. S. Histopathological assessment of gonadal tissue in wild fishes // Fish Physiol. Biochem. 2002. Vol. 26. P. 85–101.
- Boorman G. A., Botts S., Bunton T. E. et al. Diagnostic criteria for degenerative, inflammatory, proliferative nonneoplastic and neoplastic liver lesions in Medaka (*Oryzias latipes*): consensus of a national toxicology program pathology working group // Toxicol. Pathol. 1997. Vol. 25, N 2. P. 202–210.
- Brand D. G., Fink R., Bengueyfield W. et al. Salt water-acclimated pink salmon fry (*Oncorhynchus gorbusha*) develop stress-related visceral lesions after 10-day exposure to sublethal concentrations of the water-soluble fraction of north slope crude oil // Toxicol. Pathol. 2001. Vol. 29, N 5. P. 574–584.
- Cerqueira C. C. C., Fernandes M. N. Gill tissue recovery after cooper exposure and blood parameter responses in the tropical fish *Prochilodus scrofa* // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2002. 52. P. 83–91.
- Determination of photosynthetic pigments Report of SCOR-UNESCO working group 17 // Monographs on oceanographic methodology. Determination of photosynthetic pigments in water. UNESCO. 1966. P. 9–16.
- Eloranta P., Andersson K. Diatom indices in water quality monitoring of some South-Finnish rivers // Verh. Internat. Verein. Limnol. 1998. N 27. P. 1213–1215.
- Gernhofer M., Pawet M., Schramm M. et al. Ultrastructural biomarkers as tools to characterize the health status of fish in contaminated streams // J. Aquat. Ecos. Stress and Recov. 2001. Vol. 8. P. 241–260.
- Guidelines for drinking-water quality. Second ed. V. 1. Geneva: WHO, 1993.
- Hinton D. E., Laurén D. J. Integrative histopathological approaches to detecting effects of environmental stressors on fishes // American Fish Soc. Symp. 1990. Vol. 8. P. 51–66.
- Kelly M. G., Whitton B. A. The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers // J. of Applied Phycology. 1995. 7. P. 433–444.
- Khan R. A. Parasitism in marine fish after chronic exposure to petroleum hydrocarbons in the laboratory and to the Exxon Valdez oil spill // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 1991. Vol. 44. P. 759–763.
- Khan R. A., Barker D. E., Hooper R. et al. Histopathology in winter flounder (*Pleuronectes americanus*) living adjacent to a pulp and paper mill // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1994. Vol. 26. P. 95–102.
- Komulainen S. The green algae as structural element of phytoplankton communities in streams of the Northwestern Russia // Biology. 2008. 63 (6). P. 859–865.

Komulainen S. Diatoms of Periphyton assemblages of Small Rivers in North-Western Russia // *Studi Trentini di scienze naturali* 84. 2009. P. 153–160.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/1/Veb Gustav Fischer Verlag. Jena, 1986. 876 p.

Lahermo P., Tarvainen T., Hatakka T. et al. One thousand wells – the physical-chemical quality of Finnish well waters in 1999. Espoo, 2002. 92 p.

Lecointe C., Coste M., Prygiel J. «Omnidia»: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management // *Hydrobiologia*. 1993. 269/270. P. 509–513.

Mallat J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review // *Can. J. Fisheries Aquat. Sci.* 1985. Vol. 42. P. 630–648.

Molder K., Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I–VII // *Bull. Geol. Soc. Finland*, 1967–73: d39: 199–217 (1967); 40: 151–170 (1968); 41: 235–251 (1969); 42: 129–144 (1970); 43: 203–220 (1971); 44: 141–149 (1972); 45: 159–179 (1973).

Ortiz J. B., Gonzáles de Canales M. L., Sarasquete C. Histopathological changes induced by lindane (γ -HCH) in various organs of fish // *Sci. Mar.* 2003. Vol. 67. P. 53–61.

Reimschuessel R. A fish model of renal regeneration and development // *ILAR Journal*. 2001. Vol. 42. P. 285–291.

Sakamoto N., Shimizu M., Wakabayashi I., Sakamoto K. Relationship between mortality rate of stomach cancer and cerebrovascular disease and concentrations of magnesium and calcium in well water in Hyogo prefecture // *Magnes Res.* 1997. Sep. N 10 (3). P. 215–223.

Shannon C., Weaver W. The mathematical theory of communication. Illinois Univ. Press, 1963. 117 p.

Silva A. G., Martinez C. B. R. Morphological changes in the kidney of a fish living in an urban stream // *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 2007. Vol. 23. P. 185–192.

Simpson E. H. Measurement of diversity // *Nature*. 1949. 163. № 4148. P. 688.

Stream Visual Assessment Protocol. NWCC Technical Note 99-1, 1998. 36 p.

Suomen Standardisoimisliitto. Water analysis. Metal content of biological material determined by atomic absorption spectrometry. Digestion. Standard SFS 5075. Helsinki, 1990. 134 p.

The Geochemical Atlas of Finland. Part I. The hydrogeochemical mapping of Finnish groundwater / P. Lahermo, M. Ilmasti, R. Juntunen, M. Taka. Espoo, 1990. 66 p.

Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII–XI // *Geol. Surv. Finland Bull.* 1975–1980. 274: 1–55 (1975); 284: 1–37 (1976); 296: 1–55 (1978); 312: 1–93 (1980).

Vladimirov V. L., Flerov B. A. Susceptibility to ichthyophthiriasis in fish following exposure to phenil and polychloropinene poisoning // *Biol. Vnutr. Vod Inf. Byull.* 1975. Vol. 25. P. 35–37.

Wedemeyer G. A., Meyer F. P., Smith L. Environmental stress and fish diseases // S. F. Snieszko, H. R. Axelrod (Ed.). *Diseases of Fishes*. Book 5. NJ: T.F.H. Publications Inc. Neptune City, 1976. P. 73–134.

Zektser I. S., Dzhamalov R. G., Everett L. G. Submarine groundwater. Atlanta, USA, CRC Press, 2006. P. 466.

Zippin C. An evaluation of removal method of estimating animal populations // *Biometrics*. 1956. Vol. 12. P. 163–169.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН 185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

Беличева Л. А. – к. б. н., младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии
Богданова М. С. – младший научный сотрудник лаборатории географии и гидрологии
Бородулина Г. С. – к. г.-м. н., старший научный сотрудник лаборатории гидрохимии и гидро-геологии
Калинкина Н. М. – д. б. н., заведующая лабораторией гидробиологии
Карпечко В. А. – главный гидролог лаборатории географии и гидрологии
Литвиненко А. В. – старший научный сотрудник лаборатории географии и гидрологии
Лукина Ю. Н. – к. б. н., зам. директора по НИР
Полякова Т. Н. – главный биолог лаборатории гидробиологии
Потахин М. С. – к. г. н., научный сотрудник лаборатории географии и гидрологии
Сало Ю. А. – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории географии и гидрологии
Сидорова А. И. – младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии
Сластина Ю. Л. – младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии
Теканова Е. В. – к. б. н., научный сотрудник лаборатории гидробиологии
Тимакова Т. М. – к. б. н., старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии
Толстиков А. В. – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории географии и гидрологии

Институт геологии Карельского научного центра РАН 185610, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Рыбаков Д. С. – к. г.-м. н., старший научный сотрудник лаборатории геохимии и моделирования природных процессов
Слуковский З. И. – лаборант-исследователь лаборатории геохимии и моделирования природных процессов
Шелехова Т. С. – к. г. н., старший научный сотрудник лаборатории региональной геологии и геодинамики

Институт биологии Карельского научного центра РАН 185610, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Комулайнен С. Ф. – д. б. н., ведущий научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных
Круглова А. Н. – к. б. н., старший научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных

Карельский научный центр РАН 185610, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11

Кабанова Л. В. – редактор редакционно-издательского отдела

**Северный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
Петрозаводского государственного университета
185035, г. Петрозаводск, наб. Варкауса, 3**

Тыркин И. А. – к. б. н., научный сотрудник

Широков В. А. – заместитель директора

Щуров И. Л. – к. б. н., заведующий лабораторией популяционной экологии лососевых рыб

**Петрозаводский государственный университет
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33**

Гридина А. А. – студентка эколого-биологического факультета

Клочкова М. А. – студентка эколого-биологического факультета

**Карельская государственная педагогическая академия
185840, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 17**

Потахин С. Б. – д. г. н., заведующий кафедрой географии естественно-географического факультета

ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА
Учебное пособие

*Печатается по решению Ученого совета
Института водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН*

Обложка – М. С. Богданова, А. В. Литвиненко

Редактор *Л. В. Кабанова*
Оригинал-макет *М. И. Федорова*

Сдано в печать 18.12.2013 г. Формат 60x84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура PragmaC. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 10,5. Усл. печ. л. 12,8. Тираж 300 экз. Изд. № 419. Заказ № 184

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50