

2.2. Озера, образовавшиеся в пределах Карельского сегмента Балтийского кристаллического щита

2.2.1. Физико-географическая характеристика региона

Карельский (восточный) сегмент Балтийского кристаллического щита включает в себя практически всю территорию Республики

Карелия, северную часть Ленинградской области и крайнюю западную Архангельской (рис. 2.10). Кристаллический щит является областью преимущественного распространения древнейших кристаллических пород архейско-протерозойского комплекса, перекрытых тонким слоем осадочных отложений, нарастающим по мощности в его южной части (до 110-130 м).

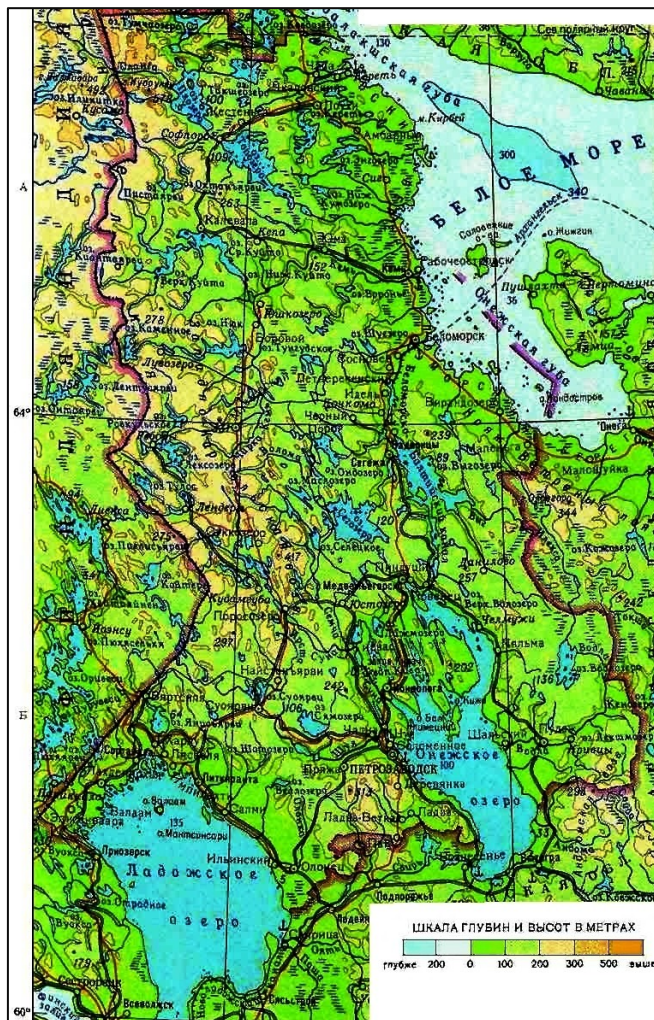


Рисунок 2.10. Карта Карелии и северо-западной части Ленинградской области (Карельский перешеек)

Для большей части рассматриваемой территории характерен специфический, расчлененный грядово-холмистый рельеф, преимущественно с небольшими высотами. Рельеф формировался под воздействием как эндогенных, так и экзогенных процессов. К эндогенным процессам относились тектонические движения, приведшие к образованию характерных для района разломов земной коры, пересекающих Карелию с северо-запада на юго-

восток. В трещинах были заложены основные долины рек, в опущенных участках – сбросовые озерные котловины крупных озер и Белого моря. Среди многочисленных экзогенных процессов наибольшее влияние имела ледниковая эрозия, оставшаяся в наследие от последнего (валдайского) оледенения, завершившегося лишь 10-11 тыс. лет назад. Она привела к доминированию в регионе ледниковых форм рельефа, как эрозионных, так и

аккумулятивных. Эрозионные формы представлены сельгами и такими типичными многочисленными выходами горных пород как «бараньи лбы» и «курчавые скалы», образовавшимися при движении ледника, аккумулятивные - вытянутыми с северо-запада на юго-восток моренными грядами. Для района характерны также такие типы рельефа, как моренные волнистые и озерно-ледниковые песчаные равнины, зандровые равнины и озово-камовые комплексы.

Рельеф рассматриваемого региона представлен как бы тремя этажами. Вдоль побережья Белого моря широкой полосой тянется Прибеломорская низменность, сложенная морскими и озерными отложениями, ее высоты не превосходят 100 м над уровнем моря. Выше располагается холмистая равнина с высотами до 200 м, в ее основании лежат древние кристаллические породы, перекрытые моренными отложениями. Верхний этаж представлен возвышенностями с высотами от 300 до 600 м. Наиболее крупные возвышенности находятся на западе, это протягивающаяся вдоль границы с Финляндией моренная гряда Маанселькя с высотами до 578 м и ее южный отрог - Западно-Карельская возвышенность. Рельеф возвышенностей сильно расчлененный, в межгрядовых понижениях лежат озерно-ледниковые равнины, озера, местами - болота. Из западной части Архангельской области на территорию Республики Карелия простирается кряж Ветренный Пояс. К западу от Онежского озера расположена платообразная заболоченная Олонецко-Шокшинская возвышенность. На юге Карельского сегмента кристаллического щита преобладает северо-западная ориентация основных форм рельефа, на севере - широтная, реже северо-восточная и северо-западная, что хорошо подчеркивается ориентацией водных объектов.

Особо необходимо выделить Карельский перешеек (Ленинградская область), который находится на стыке Балтийского кристаллического щита с Русской плитой. На перешейке широкое распространение имеют сельговые ландшафты - своеобразные скалистые гряды в основном северо-западного простираения, южнее они сменяются холмисто-

равнинными ландшафтами.

Весь рассматриваемый регион находится в зоне распространения умеренно-континентального климата с чертами морского, с продолжительной, снежной, мягкой зимой, обычно без сильных морозов, и непродолжительным прохладным дождливым летом. Относительная мягкость климата определяется, прежде всего, воздействием Гольфстрима. Погода неустойчивая, характерны частые циклоны, приходящие с Атлантики, также периодически наблюдается приход арктических воздушных масс. Зимнее прохождение циклонов вызывает оттепели, летнее - понижение температуры и обильные осадки.

Зима (холодный период с температурой воздуха ниже нуля) - самый продолжительный сезон, на севере он длится в среднем 190 дней, на юге - около 150 дней. С ноября образуется устойчивый снежный покров, нарушаемый в некоторые годы оттепелями. Весна на юге наступает в середине апреля, однако возврат холодов возможен и в мае (на севере - и в июне). Лето (период с температурой выше 10 °С) на юге начинается в первой половине июня, на севере - во второй. Продолжительность безморозного периода составляет на северо-западе - 80-90 дней, в Северном озерном крае - 85-100 дней, в Прибеломорье и Южном озерном крае - 105-115 дней, в Приладожье и Прионежье - 120-130 дней.

Весь Карельский сегмент Балтийского щита расположен в зоне избыточного увлажнения. В его пределах за год выпадает от 450-550 мм осадков на севере до 600-750 мм на юге. Наибольшее их количество приходится на летние и осенние месяцы. Значительная часть осадков в холодное время года (ноябрь-март) выпадает в виде снега - 150-250 мм (около 1/3 от годовой суммы). Устойчивый снежный покров держится на юге 160-170 дней, на севере 170-190. В начале зимнего сезона высота его невелика - менее 10 см, затем она постепенно возрастает, достигая наибольших значений в конце февраля - начале марта. Средняя высота снежного покрова в начале весны на открытых полевых участках достигает 35-55 см, в лесу - до 50-70 см; в

многоснежные зимы она может достигать до 110 см. Годовая величина испарения составляет от 310 мм на севере территории до 420 мм на юге. Превышение осадков над испаряемостью составляет в среднем 150 мм, в ряде районов - до 350 мм. Климатические особенности региона обуславливают размещение на его территории двух природных зон – северной и средней тайги.

По территории Карельского сегмента Балтийского щита проходит Беломорско-Балтийский водораздел и близко от него находятся крупные базисы эрозии - Белое море, Ладожское и Онежское озера. Чуть большая часть территории приходится на бассейн Белого моря. Основными структурными элементами гидрографической сети являются водоемы, практически для всей территории характерна высокая озерность, присущая области последнего оледенения.

2.2.2. Происхождение озер и их распределение по территории

Благодаря геологическим особенностям, строению рельефа, благоприятному соотношению между осадками и испарением и особенностям геологической истории Карельский сегмент Балтийского щита чрезвычайно богат озерами, среди их числа и крупнейшие в Европе – Ладожское и Онежское. Для данного региона характерны самые высокие значения озерности на всей европейской части России. Однако по количеству озер Карельский сегмент уступает расположенному севернее – Кольскому, прежде всего, поскольку здесь значительно меньше озер малых и совсем малых размеров.

Количество озер на рассматриваемой территории определялось, прежде всего, в границах Республики Карелия. Впервые каталогизация озер была произведена еще в 1950-е гг., и ее итогом стал «Каталог озер Карелии» (1959), согласно которому в пределах Республики было насчитано около 43 000 озер. В дальнейшем, данные по численности озер Карелии были уточнены в Ресурсах поверхностных вод (1965, 1972). Согласно данным Ресурсов поверхностных вод

(1972), на ее территории находится около 61 000 озер, их суммарная площадь покрытия составляет около 18 000 км² (исключая акватории Ладоги и Онеги), более 97 % озер Республики имеют площадь зеркала менее 1 км². В 2001 г. сотрудниками Института водных проблем Севера КНЦ РАН был опубликован «Каталог озер и рек Карелии» (под ред. Н.Н. Филатова и А.В. Литвиненко), где было каталогизировано 5 223 озера, проведена классификация озер по размерам и морфометрическим показателям, многие опубликованные ранее цифры были уточнены. Общая численность озер и водотоков определялась по картам масштаба 1:1 000 000. Согласно данным Каталога (2001), 1667 озер республики имеют площади зеркала, превышающие 1 км², у 23 водоемов акватория превышает 100 км². В естественных озерах Карелии (без учета Ладожского и Онежского озер) сосредоточено 65 км³ воды, в водохранилищах, в том числе преобразованных из озер – 80.2 км³.

Выполненная в Институте озероведения РАН в 2012-2014 гг. новая оценка озерных водных ресурсов территории России по всем субъектам федерации основывалась на современных опубликованных данных по площадям наиболее крупных озер (в том числе данных Каталога 2001 г.), а также включала результаты расчетов площади и количества малых и средних водоемов, осуществленных с использованием возможностей программы «Google – Планета Земля». Новая оценка количества водоемов и площади покрытия осуществлялась отдельно для водоемов различных категорий крупности и генезиса (естественные и искусственные). Ее результаты по всем субъектам федерации ЕТР подробно рассматриваются в главе 7. В результате оценки было обнаружено, что лишь около 40 % от всех дешифрируемых нами водоемов региона имеют площадь, превышающую 1 га, то есть формально относятся к категории «озера». Около 60 % водоемов характеризуются меньшими площадями, при этом почти все они имеют естественное происхождение и чаще всего их также считают озерами.

Согласно нашей оценке, на территории карельского сегмента Балтийского щита (включа-

ющего площадь Республики Карелия, северную часть Ленинградской и западную часть Архангельской области) находится около 30 000 озер площадью более 1 га, в том числе около 1800 водоемов, превышающих 1 км². Около 45 000 дешифрируемых водоемов имеют площади менее 1 га. Общая площадь водного покрытия рассматриваемого региона составляет ~38 500 км², в том числе естественными водоемами – ~36 500 км² (с учетом включенных в водохранилища). Без учета Ладожского и Онежского озер общая площадь водного покрытия сокращается до ~20 000 км². Общие ресурсы лимнических вод (с учетом части Ладожских и Онежских вод) составляют чуть более 1000 км³. Доля естественных водоемов превышает 99 %. Среди водных объектов, преобразованных в связи с антропогенной деятельностью, особое место занимают водохранилища. Почти все водохранилища региона принадлежат к озерному типу, они создавались в результате подпора уровня на крупнейших озерах и их правильнее называть озерами-водохранилищами. Доля водохранилищ руслового типа очень мала. Величина подпора уровня обычно незначительна и составляет от 1.0 до 3.0 м, наибольший подпор у Кумского (33 м) и Иовского (36 м) водохранилищ. В озера-водохранилища было преобразовано большинство крупнейших озер региона, в процессе их создания было затоплено ~2000 км² территории. Несмотря на то, что общее количество крупных водохранилищ Карелии составляет немногим более 20, их суммарная площадь достигает ~7000 км² (с учетом площади озер, превращенных в водохранилища, и без Верхнесвирского (Онежского)). Основная задача созданных водохранилищ, особенно крупных, – обеспечение работы гидроэлектростанций. Также они имеют значение для водоснабжения городов и поселков, водного транспорта, рекреации, многие небольшие и средние водохранилища использовались ранее для лесосплава. Важнейшая черта карельских водохранилищ – их многоцелевое использование.

Сравнение нашей новой оценки количества и площади озер региона с оценками по Респуб-

лике Карелия, проведенными ранее, показало их почти полное совпадение по крупным водоемам. Количество малых водоемов согласно нашей оценке несколько больше, чем в предыдущих оценках, что, скорее всего, связано с учетом нами водоемов меньшей площади, чем учитывались ранее. С другой стороны, благодаря возможностям программы «Google – Планета Земля», мы смогли точнее определить размеры малых водоемов, дешифрируемых на космических снимках. В результате оказалось, что многие из них, ранее относимых к категории «озера» с площадью от 1 га, имеют несколько меньшую площадь.

Средняя озерность Карельского сегмента кристаллического щита с учетом площади озер-водохранилищ составляет ~11 %, с учетом частей Онежского и Ладожского озер – ~20 %. Практически вся его территория покрыта густой сетью озер. Их особенно много (~75 % от общего количества) в северной части, выше 63 градуса северной широты. В распределении озер прослеживается определенная закономерность – они располагаются как бы последовательными цепями, протянувшимися в направлении с северо-запада на юго-восток. В Республике Карелия обычно различают Северный и Южный озерные края, разделенные Беломоро-Балтийским водоразделом. Северный озерный край на западе примыкает к хребту Маанселькя и Западно-Карельской возвышенности, на востоке переходит в Прибеломорскую низменность. В его пределах можно выделить три основные части: северную, южную и, находящуюся между ними, Верхне-Кемскую впадину. В северной части лежат такие крупные озера, как Топозеро, Пяозеро и Тикшозеро, в Верхнекамской – озера Куйто и Нюк. К группе озер южной части относятся Сегозеро, Ондозеро, Выгозеро. Южный озерный край характеризуется сильно расчлененным рельефом (за исключением юго-восточной части), но абсолютные высоты невелики. Здесь расположены такие крупные озера, как Янисъярви, Ведлозеро, Шотозеро, Сямозеро, Сандал и крупнейшие в Европе озера – Ладожское и Онежское. На территории Карельского перешейка Ленинградской области озер с

площадями более 100 км² нет.

Большинство озер рассматриваемой территории обязано своим образованием последнему (валдайскому) оледенению. По происхождению их озерные котловины разделяются на ледниково-тектонические - образованные в трещинах (Ладожское, Онежское) и сбросах (глубокие, как Топозеро и Пяозеро) твердокаменных пород, ледниковые (это озера со средними и небольшими глубинами такие как Укшезеро, Кончозеро, Шотозеро), запрудно-речные (Ондозеро, оз. Гимольское). Ледниково-тектонические котловины имеют характерную ориентировку – вытянутость вдоль основных разломов земной коры, нередко они располагаются цепочками и соединены между собой короткими порожистыми водотоками. В период четвертичного оледенения такие котловины были в значительной степени переформированы эрозионной деятельностью ледника. Ледниково-тектонические котловины имеет большинство крупных озер региона. Как правило, они характеризуются сложными очертаниями берегов и пересеченным рельефом дна.

Ледниковые котловины были выпаханы при наступлении ледника или образованы в результате течения подледниковых потоков. Котловины ледниковых озер обычно имеют округлую или вытянутую форму, их глубины чаще всего не превышают 5-10 м. Широкое распространение имеют и подпрудные озера, образовавшиеся вследствие перегораживания речных долин ледниковыми наносами, они имеют много общих черт с ледниковыми озерами. Встречаются узкие, вытянутые в длину ложбинные озера, возникшие по основным руслам стока ледниковых вод и имеющие характерную ориентацию с северо-запада на юго-восток, в направлении движения ледника, обычно они имеют значительные глубины; таких озер много в Центральной части Карельского перешейка. Также в регионе множество речных, старичных озер и болотных водоемов, разбросанных среди обширных болотных массивов.

Преобладающий размер карельских озер - до 1 км². Все крупные, средние и многие малые

озера являются проточными или сточными, однако среди малых водоемов значительное количество и временно-сточных, а также озер с отсутствием поверхностного стока. Такие водоемы представлены лесными и болотными озерами, они имеют торфяные берега и вязкое дно. Озера, лишившиеся поверхностного стока, быстро зарастают и заболачиваются.

В пределах рассматриваемой территории частично находятся два крупнейших озера Европы – Ладожское (около половины акватории) и Онежское (почти полностью, за исключением крайнего южного сектора). Их котловины представляют собой доледниковые тектонические впадины, расположенные в краевой части Балтийского щита, на стыке с Русской плитой. Ладожское озеро является первым по площади водного зеркала озером Европы (17 870 км²), около 40 % его акватории находится в пределах Республики Карелия и около 60 % - в пределах Ленинградской области. Онежское озеро - это второе по площади водного зеркала озеро Европы (9 720 км²), в пределах Республики Карелия находится около 90 % его акватории, южная часть акватории озера разделена между Ленинградской и Вологодской областями. Среди других крупных озер Карельского сегмента кристаллического щита с площадями зеркала более 100 км² - Выгозеро, Топозеро, Пяозеро, Сегозеро, Водлозеро, Сямозеро, Среднее Куйто, Кереть, Нюк, Тикше-озеро, Верхнее Куйто, Онд-озеро, Большое Янисъярви, Лекс-озеро, Санда, Энг-озеро, Нижнее Куйто, Пальозеро, Тулос и пограничное озеро Пюхьярви.

Площади водного зеркала более 50 км² имеют озера: Каменное, Лижмозеро, Гимольское, Масл-озеро, Шотозеро, Сумозеро, Большое Ровкульское, Селецкое, Суоярви, Ведлозеро, Лоухское, Елм-озеро, Нижнее Кум-озеро, Салонъярви, Пулозеро, Сунд-озеро (Республика Карелия), а также Вуокса, Отрадное (Пюхьярви) (Карельский перешеек Ленинградской области).

2.2.3. Лимнологическая изученность

Первые работы на карельских озерах были начаты еще в конце XVIII в. Изначально исследования носили эпизодический характер и представляли собой попутные наблюдения ученых и путешественников, описывающих очертания берегов, площади водоемов и их глубины (Собисевич, 2014). В этой связи, необходимо отметить серию статей академика Н.Я. Озерецковского, датируемых 1786 г. и вышедших затем в виде книги «Путешествия академика Н. Озерецковского по озерам Ладожскому и Онежскому» (1792). Кроме того, надо вспомнить таких видных русских исследователей XIX в., работавших на озерах Карелии, как К.Ф. Кесслер, И.С. Поляков, Н.Я. Данилевский, Н.Н. Пушкарев.

Более подробное изучение крупных озер начинается во второй половине XIX в. В 1858 г. на Ладожском озере под руководством А.П. Андреева были начаты первые серьезные гидрографические работы, имевшие своей целью картографирование водоема. Было уточнено расположение островов, составлены подробные карты гаваней, кроме того, производились определения температуры, прозрачности и цветности вод озера. Вторично Ладожское озеро было исследовано Ю.М. Шокальским в период с 1897 по 1903 гг. В ходе экспедиции Шокальского были определены глубины и площадь озера, производились отборы проб воды и грунта для химических анализов, изучался термический режим озера.

Первые измерения на Онежском озере были проведены в 1872 г. командой парохода «Ижора». С 1873 г. были организованы систематические гидрографические работы, продолжавшиеся до 1894 г. За это время были произведены съемка озера, промер его глубин, изучались течения. С 1883 г. производились наблюдения над уровнем воды (Гидрографические исследования, 1895).

Примерно в это же время начинаются работы и на других относительно крупных озерах Карелии - Сегозере, Выгозере, Сямозере и др. Интерес к озерам в этот период был вызван, прежде всего, поиском запасов железных руд, а также необходимостью создания подробных

карт для обеспечения безопасности судоходства. В 1899 г. вышла работа М.А. Токарского, посвященная вопросам возможности использования озерных руд Сямозера и Кончезера для работы сталелитейного завода в селении Кондопога (Токарский, 1899). По результатам гидрографических исследований 1904 г. на Сегозере вышла работа С.Н. Соколова (Соколов, 1906). В 1911 г. была проведена гидрологическая экспедиция на озера Укшезеро, Урозера, Кончезера, Падозера, Перт-Наволоцкое и Габозера под руководством В.Ф. Пиотровского. Кроме промеров, необходимых для построения карт, велись метеорологические наблюдения, наблюдения за температурой воды в водоемах и их гидрохимическими характеристиками (Пиотровский, фон-Дитмар, 1912).

Исследования В.Ф. Пиотровского были продолжены известным гидробиологом Г.Ю. Верещагиным, в 1918 г. подробно исследовавшим оз. Свиное. Под его руководством были проведены гидрографические и метеорологические измерения на озере, изучалась его термика, кроме того, были произведены первые гидробиологические исследования озерного планктона и донной фауны. Краткие работы были организованы еще на 16 озерах Пудожского уезда (Верещагин, 1921). В 1919-1924 гг. под руководством Г.Ю. Верещагина была проведена комплексная Олонецкая научная экспедиция, продолжившая гидрологические исследования, дополненные гидрохимическими и гидробиологическими наблюдениями. Кроме того, внимание было уделено изучению распределения грунтов и характеру залегания озерных руд. В рудоносных озерах было обнаружено кольцеобразное расположение донных залежей руды на границе их прибрежной и открытой частей (Олонецкая научная экспедиция, 1924).

В это же время были продолжены исследования Онежского озера. По запросу С.А. Советова, Государственным гидрологическим институтом в начале 1920-х годов снаряжается экспедиция для его изучения. Экспедиционные работы начались в конце июля 1924 г., были намечены гидрологические разрезы, на которых на разных глубинах

происходил отбор проб воды для полного химического анализа, а также грунта. Исследование гидрологического режима проводилось с учетом проектирования строительства городского водопровода в г. Петрозаводск. В программу экспедиции вошли работы по детализации карты прилегающей к городу части губы, изучению химического и бактериологического состава воды, термического режима губы, ее оптических свойств, гидрологической роли ветра, волнения и притоков (Давыдов, 1927).

В 1929 г., после того как была закрыта Бородинская биологическая станция на оз. Селигер, организованная в 1897 г. Петербургским обществом естествоиспытателей по инициативе крупнейшего русского ученого-ботаника Ивана Перфильевича Бородина и имевшая своей задачей изучение озер Северо-Запада России, на берегу Кончозера была организована новая станция, точнее Бородинская станция получила новую дислокацию. Восстановить станцию пригласили ленинградского гидробиолога профессора Б. В. Перфильева (Перфильев, 1927). На станции было решено организовать лимнологические и ихтиологические исследования, изучить возможность добычи минеральных красок из водоемов (в первую очередь, – охры), определить запасы в озерах донных руд, как сырья для черной металлургии. В дальнейшем основными направлениями деятельности станции стали изучение биологических типов и естественной продуктивности озер, исследования их гидрологических, гидрохимических особенностей, водной растительности, фито- и зоопланктона, иловых отложений, ихтиофауны, а также влияния на водоемы промышленных загрязнений. Часть лимнологических исследований была связана с рыбоводными мероприятиями – биологическим обоснованием мер по разведению лососевых и сиговых рыб, в частности, по акклиматизации в карельских озерах чудского сига. По результатам исследований издавались «Труды Бородинской биологической станции» (1927, 1932, 1933, а, б, 1934, 1935, а, б, 1936, а, б). После Великой Отечественной войны станция была передана в ведение Минис-

терства высшего образования и постепенно превращена в учебную базу Петрозаводского Государственного университета (Веселов, 1970, 2005).

В 1931 г. была организована Карельская научно-исследовательская рыбохозяйственная станция, явившаяся прообразом Карельского отделения ВНИОРХ (Всесоюзного Научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства). Под руководством И.Ф. Правдина сотрудники станции провели комплексное изучение большинства крупных и средних озер Карелии, направленное на обоснование рационального ведения рыбного промысла.

В январе 1946 г. для изучения карельских озер создается Карело-Финская научно-исследовательская база АН СССР, в число научных подразделений которой вошел сектор гидрологии и водного хозяйства. Его организатором и руководителем стал один из крупнейших знатоков вод Севера инженер-гидротехник С.В. Григорьев. Основным направлением научной деятельности созданного на базе сектора Отдела являлось комплексное изучение озерно-речных систем Карелии, включающее гидрологические, гидрохимические, гидрогеологические и гидробиологические исследования.

В 1946–1959 гг. в связи с актуальными запросами восстановления экономики страны, было начато планомерное изучение внутренних водоемов Республики Карелия и ее водного хозяйства, была проведена инвентаризация водных ресурсов, выполнена оценка возможного использования вод в соответствии с нуждами различных отраслей народного хозяйства. Результатом пятнадцатилетних работ карельских лимнологов явились обобщающие сводки монографического характера, в том числе «Каталог озер Карелии» (1959). С 1948 г. проводились комплексные сезонные исследования озерно-речных систем Республики. В результате работ, проведенных на более чем 150 водоемах Средней и Южной Карелии, были предложены мероприятия по повышению их рыбной продуктивности, подобран озерный фонд для создания рыбных

хозяйств, составлены рыбопромысловые атласы. В дальнейшем на базе полученных данных была составлена генеральная схема развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Карелии.

В 1950–60 гг. в связи с активным развитием северной энергетики, ведущим направлением исследований карельских лимнологов стало обеспечение работ при проектировании, строительстве и эксплуатации карельских ГЭС. Результатом этих исследований явилась монография С.А. Берсонова «Водно-энергетический кадастр Карельской АССР» (1960). Кроме того, многолетний опыт эксплуатации различных по величине и значимости карельских водохранилищ проанализирован и обобщен С.В. Григорьевым в работах: «О гидрологических типах водоемов» (1958), «О некоторых определениях и показателях в озероведении» (1958), «Энергетические водохранилища озера типа и их особенности» (1959).

В этот же период проводились исследования по совершенствованию питьевого водоснабжения городов и крупных населенных пунктов Карелии (Петрозаводск, Кондопога, Сортавала и др.). Кроме того, продолжались работы по всестороннему изучению карельских озер («Озера Карелии», 1959, Григорьев, 1958, 1959, 1961 и др.). С 1950-х годов начинаются активные гидробиологические исследования на озерах. Биологии карельских озер в этот период были посвящены работы С. В. Герда (1949, 1951, 1962, 1965), И. В. Баранова (1957) и др.

В связи с интенсификацией в 1960–70-х гг. хозяйственной деятельности на территории Республики Карелия сотрудниками Карельского филиала АН СССР были начаты комплексные исследования вод основных озерно-речных систем (бассейны рек Шуи, Суны, Выга и др.) с разработкой рекомендаций по их всестороннему использованию. Материалы исследований были опубликованы в ряде изданий Карельского филиала АН СССР. Кроме того, была подготовлена обобщающая монография по гидробиологии - «Фауна озер Карелии» (1965). В это же время Гидромет-

службой СССР выпускались справочные материалы, содержащие данные постов наблюдений и их обобщения: «Гидрологическая изученность» (1965), «Ресурсы поверхностных вод СССР» (1972), продолженные в более поздних выпусках «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (1986, 1987).

В 1970 г. в рамках КФ АН СССР была организована самостоятельная лаборатория гидробиологии, выделившаяся из отдела водных проблем. Значительное внимание лаборатории было уделено изучению высшей водной растительности (Клюкина, 1974, Клюкина, Фрейндлинг, 1974). Было начато целенаправленное исследование таких групп водных организмов, как коловратки, бактериопланктон, протозойный планктон, фитопланктон, с 1973 г. проводились фундаментальные исследования в области эволюционной морфологии гидробионтов, в 1978 г. было положено начало планомерным исследованиям по водной токсикологии. С 1980-х гг. началось изучение мейобентоса, перифитона, макрозообентоса водоемов в различных районах Карелии. Большое внимание было уделено исследованию воздействия на гидробионтов минерализации, процессов эвтрофирования, acidификации и гумификации. С 1981 г. проводились исследования по оценке роли фитопланктонных сообществ при индикации антропогенных воздействий на водные экосистемы, по диагностике адаптивных свойств пресноводного фитопланктона.

В период 1960–80 гг., в связи с развитием целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности на Ладожском, Онежском озерах и Выгозерском водохранилище, были проведены комплексные исследования водоемов-приемников промышленных сточных вод. При проектировании и строительстве горно-обогатительного комбината в г. Костомукше был выполнен широкий комплекс работ на водоемах бассейна р. Кеми. По результатам исследований были предложены рекомендации для проектных организаций при разработке современных систем очистки стоков и охране водных объектов от загрязнений. С середины 1980-х годов про-

водятся исследования закисления поверхностных вод Карелии, включающие наблюдения за атмосферными выпадениями.

В 1970-80 е гг. отделом гидрологии и водного хозяйства Карельского филиала АН СССР совместно со специалистами Института озераведения АН СССР и Зоологического института АН СССР были продолжены многолетние комплексные исследования экосистемы Онежского озера (Динамика водных масс, 1972, Онежское озеро, 1975, Петрозаводское Онего..., 1984 и др.). В 1990 г. была опубликована обобщающая монография «Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения» (ред. З.С. Кауфман). В 1980-90 гг. наряду с комплексным изучением Онежского озера, особое внимание карельских лимнологов было уделено также и Ладожскому озеру, исторически являвшемуся, прежде всего, объектом исследования Института озераведения АН СССР. Основные работы по крупнейшим озерам связаны в этот период с изучением фундаментальных закономерностей процессов эвтрофирования водоемов.

В 1991 г. на базе отдела гидрологии и водного хозяйства Карельского филиала АН СССР был создан Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН (ИВПС), первым директором-организатором которого стал д.г.н. Н.Н. Филатов. С 1990 гг. наряду с активными лимнологическими исследованиями, включающими мониторинг многочисленных водных объектов Карелии, институт проводит фундаментальные исследования термогидродинамических процессов и полей озер, уникальные инструментальные комплексные исследования на разнотипных озерах, большое внимание уделяется изучению водосборных бассейнов и происходящим на них процессам. Детально исследованы процессы эвтрофирования, токсического загрязнения многочисленных озер и их притоков, в частности - Онежского и северной части Ладожского озера, Выгозера и р. Нижний Выг, водоемов района г. Костомукши, озер Ср. Куйто, Суоярви, Исо-Пюхяярви, Крошозеро, Пряжинское, Святозеро, Сямозеро, Кончезерской, Нижнесунской и Заонежской группы озер. Появилось новое направления работ –

экологическая биохимия и экологическая токсикология. Изучается реакция водных объектов на различные точечные и рассеянные источники загрязнения, исследуются процессы миграции химических элементов в воде в зависимости от факторов среды, разрабатываются критерии оценки состояния и допустимого уровня антропогенной нагрузки на водные экосистемы.

Наряду с лимнологами Института водных проблем СКНЦ РАН вопросами изучения карельских озер активно занимаются сотрудники Карельского отделения ГосНИОРХ (СевНИИпроект), Института биологии КарНЦРАН, Петрозаводского университета, Петрозаводского пединститута (Петрозаводская государственная педагогическая академия), Изыскательской лаборатории цеха товарного рыбоводства Петрозаводского рыбокомбината. Существенный вклад в изучение озер Карелии внесли работы Института озераведения РАН, Зоологического института РАН.

По результатам исследований карельских водоемов в 1990-х – 2000-х гг. были изданы сборники и монографии: «Процессы формирования термического режима пресноводных глубоких водоемов» (П.М. Бояринов, М.П. Петров, 1991); «Гидродинамика озер» (Н.Н. Филатов, 1991); «Водные ресурсы Карелии и экология» (ред. Лифшиц, 1992); «Использование и охрана водных ресурсов бассейна Белого моря» (ред. Лифшиц, 1994); «Acidification of Inland Waters (ed. Mononen P., Lozovic P., 1994); «Природное и культурное наследие ...» (1995); «Водный и тепловой режим осушаемых болот и заболоченных земель Карелии» (Карпечко и Нестеренко, 1996); «Современное состояние водных объектов Карелии» (ред. Филатов, Куликова, Лозовик, 1998); «Онежское озеро: Экологические проблемы» (Н.Н. Филатов, 1999); «Озера бассейна северной Ладоги» (Рыжков, 1999); «Экологические исследования природных вод Карелии» (1999); «Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды» (2003); «Водная среда Карелии: исследования, использование и охрана» (2003); «Гидроэкологические про-

блемы Карелии и использование водных ресурсов» (2003); «Водные ресурсы Европейского Севера России. Итоги и перспективы исследований» (2006); «Водные ресурсы Республики Карелия и пути их использования для питьевого водоснабжения. Опыт карельско-финляндского сотрудничества» (2006); «Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология» (Комулайнен и др. 2006); «Состояние водных объектов Республики Карелия по результатам мониторинга 1998–2006 гг.» (Лозовик и др., 2007); «Зоопланктон водных объектов бассейна Онежского озера» (Куликова, 2007), «Биоресурсы Онежского озера» (Лукин и др., 2008); «Зоопланктон водных объектов бассейна Белого моря» (Куликова, 2010); и др. На основе ГИС-технологий разработан «Каталог озер и рек Карелии (Н.Н. Филатов, А.В. Литвиненко, В.В. Кекконен и В.А. Фрейндлинг, 2001). В 2010 г. вышел атлас по Онежскому озеру, а в 2013 г. итоговый справочник по озерам Карелии (ред. Филатова Н.Н., Кухарева В.И.).

В свою очередь изучением водоемов Карельского перешейка, расположенного на территории Ленинградской области, многие годы комплексно занимаются специалисты Института озераведения РАН. Проблемы рыбного населения региона являются предметом исследования сотрудников Научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (НИИОРХ). По результатам исследований на озерах Карельского перешейка выпущен ряд сборников и монографий, в том числе: «Озера Карельского перешейка» (1964); «Озера различных ландшафтов Северо-Запада СССР» Ч. 1 (1968), Ч.2 (1969); «Озера Карельского перешейка. Лимнологические циклы озера Красного» (1971); «Биологическая продуктивность озера Красного и условия ее формирования» (1976); «Рыбохозяйственный кадастр малых озер Ленинградской области» (1977); «Озера Карельского перешейка» (1977); «Особенности формирования качества воды в разнотипных озерах Карельского перешейка» (1984); «Экология и сукцессия озерного фитопланктона» (Трифорова, 1990); «Продукционные особенности ихтиоценозов малых и

средних озер Северо-Запада и их классификация» (Руденко, 2000); «Влияние климатических изменений и эвтрофирования на динамику планктонных популяций мезотрофного озера» (Трифорова и др., 2003); «Состояние биоценозов озерно-речной системы» (2004); «Многолетние изменения биологических сообществ мезотрофного озера в условиях климатических флуктуаций и эвтрофирования» (2008) и др. По рыбам карельского перешейка периодически публикуются статьи в трудах ГосНИОРХ.

2.2.4. Особенности функционирования озерных экосистем в естественных условиях

Всесторонняя изученность озер Карельского сегмента Балтийского кристаллического щита дает возможность достаточно подробно охарактеризовать качество вод региона, определяемое спецификой его геологии и климатическими особенностями. Несмотря на огромное разнообразие карельских озер по их морфометрии, термическому режиму, химическому составу воды, продуктивности и структуре биоты, они имеют ряд общих черт, характерных для большей части водоемов, что позволяет объединить их в единый регион.

Карельский сегмент Балтийского щита расположен в пределах умеренной зоны, что обуславливает определенное сходство термического режима находящихся здесь озер. Для всех озер характерен довольно длительный период ледостава, изменяющийся по территории от 180-190 суток на севере (средне-многолетняя продолжительность) до 160-170 на юге. В северных водоемах низкие температуры воды держатся в течение 9-10 месяцев, а поверхностные озерные воды, как правило, не прогреваются выше 13-18 °С, в южных озерах эти величины составляют, соответственно, 7-8 месяцев и 18-22 °С. Наряду с широтным положением, на скорости установления ледяного покрова и амплитуде годовых температур воды также сказываются морфометрические особенности озерных котловин, чем мельче озеро, тем быстрее оно отдает тепло осенью и прогревается в теплый период года. Образование сплошного ледяного

покрова на таких озерах происходит достаточно быстро, тогда как глубокие водоемы могут на протяжении значительного времени сохранять запасы тепла, что замедляет скорость установления ледяного покрова по всей акватории.

Поскольку в основе всей рассматриваемой территории лежит кристаллический щит, составленный трудно размываемыми породами (гранитами, гнейсами, кварцитами и др.), наиболее характерной особенностью карельских озерных вод является их низкая минерализация. Средние значения минерализации для большинства озер находятся в пределах 15-40, и крайне редко превышают 100 мг/л (средняя для региона величина - 22 мг/л, «Каталог озер и рек Карелии», 2001). Среди анионов обычно преобладают гидрокарбонаты, среди катионов - кальций, значительно реже - магний и еще реже - натрий. Во всех водах щелочноземельные металлы преобладают над щелочными. Поступление минеральных компонентов происходит за счет выщелачивания карбонатов и силикатов из почв и подстилающих их пород.

По величине рН озера региона характеризуются как нейтральные или слабо-кислые, в очень редких случаях – слабо-щелочные. Повышение величины рН может быть связано с активным протеканием процесса фотосинтеза, понижение – с накоплением CO_2 в результате биохимического окисления органического вещества. Наиболее низкие значения рН характерны для высокогумусных водоемов с сильно заболоченными водосборами, а также для светловодных озер, находящихся на речных водоразделах с высокой долей атмосферного питания.

Для карельских вод характерно значительное содержание органического вещества гумусовой природы, что обусловлено высокой степенью заболоченности региона и выносом в водные объекты органических веществ аллохтонного происхождения. Содержание органического вещества существенно варьирует по территории от очень низких значений до очень высоких (цветность от 5 до 30 градусов и более, перманганатная окисляемость от 2 до 60

мг О/л) (Каталог озер и рек Карелии, 2001; Лозовик, Филатов, 2006). Преобладают среднегумусные и высокогумусные водоемы. По причине повышенного содержания органического вещества во многих карельских озерах, их вода периодически характеризуется «недонасыщенностью» кислородом. Наименьшее насыщение наблюдается зимой, тогда как весной и осенью оно обычно приближается к 100 %.

Общей чертой для большинства карельских водоемов является относительная бедность фосфором, как минеральным (варьирующим в пределах 1-60, среднее значение - 2 мкг/л), так и общим (2-200 (16) мкг/л, соответственно). При этом доля минерального фосфора обычно незначительна - 10-20 %. Загрязнение водоемов часто приводит к увеличению доли минерального фосфора до 50 % и более («Озера Карелии», 2013). Только в южных мелководных озерах, расположенных в районах значительного развития осадочных пород, концентрации общего фосфора в природных условиях могут достигать 30-60 мкг/л, а содержание общего азота колеблется в пределах 300-1260 мкг/л (Сабылина, Басов, 2003). В природных водах региона фосфор является основным фактором, лимитирующим развитие биоты, лишь в редких случаях эта роль принадлежит также азоту и кремнию. Фосфор поступает в озерные воды либо с атмосферными осадками (60 %), либо вымывается из коренных пород (40 %).

Среди других особенностей карельских озерных вод – повышенное содержание железа и марганца и пониженная концентрация фторидов, не превышающая в большинстве водоемов 0.05 мг/л (исключение составляют лишь южные озера, расположенные в бассейне Ладожского озера с содержанием фторидов от 0.1 до 0.45 мг/л). Повышенные концентрации железа и марганца, прежде всего, отмечаются зимой в придонных слоях воды, испытывающих существенный дефицит кислорода (вплоть до полного отсутствия), наиболее низкие концентрации – в кислородо-насыщенных озерах с низким содержанием органического вещества. Из тяжелых металлов в карельских водах в природных условиях

повышенное содержание может наблюдаться только у меди и цинка.

Большинство крупных карельских водоемов являются олиготрофными, пониженная трофность характерна и для ряда озер меньшего размера. Олиготрофных озер много на севере Карелии, среди озер Северного Приладожья (Варпаярви, Салментакайнен), несколько меньше их на Онего-Ладожском водоразделе (Лижменское, Топорное, Сювяярви) и среди водоемов Шуйско-Сунского водораздела. Для малых олиготрофных озер характерны средние глубины от 3 до 8 м при максимальных от 7 до 40 м. Некоторые из озер этого типа значительно гумифицированы. Значительная часть малых Карельских озер принадлежит к классу мезотрофных. Они широко распространены в Северном Приладожье (оз. Пюхярви, Котъярви, Яймяярви и др.), достаточно много мезотрофных водоемов на Шуйско-Сунском (оз. Сяпчезеро, Мярандукса) и Онего-Ладожском водоразделах (оз. Нялмозеро, Никоново). Для озер этого типа обычны средние глубины от 1.5 до 6 м при максимальных от 3 до 20 м. Эвтрофных озер значительно меньше, они встречаются среди озер Онего-Ладожского (оз. Хлебное, Пелтери, Каскозеро и др.) и Шуйско-Сунского водоразделов (оз. Вуожозеро, Вохтозеро, Найдемозеро, Пелдо), совсем немного их в Северном Приладожье. Местонахождение эвтрофных озер чаще всего связано с культурным ландшафтом, но среди них есть водоемы, в частности, на Шуйско-Сунском водоразделе, происхождение которых, кроме того, обусловлено очень малыми глубинами котловин или другими причинами естественного характера. Еще одним типом озер, представленных в Карелии, являются кислотные (ацидотрофные) озера. Они встречаются среди водоемов Онего-Ладожского водораздела, а также в Вешкелицкой группе водоемов и у Кончезера. К кислотным водоемам относятся бессточные или малопроточные озера, обычно расположенные у водоразделов, коэффициент их условного водообмена обычно не превышает 0.6; почти половина таких озер не имеет видимого стока. По своей площади наиболее значительные из них не превышают 50 га.

Заселение карельских озер пресноводной флорой и фауной связано с двумя основными центрами развития: южным – Сарматско-Понтическо-Каспийским и северным – Сибирским (Зенкевич, 1963). К ним можно присоединить также Беломоро-Балтийский центр, но базовым является Сарматско-Понтическо-Каспийский (Руденко, 2000).

Наиболее характерными для региона макрофитами, встречающимися в большинстве озер, среди воздушно-водных растений являются: тростник обыкновенный, камыш озерный, хвощи иловатый и топяной, из плавающих – кубышка желтая, кувшинки, рдесты, ежеголовник, горец земноводный, из погруженных – рдест пронзеннолистный и разнолистный, уруть. Для большинства озер в природном состоянии характерна относительно невысокая степень зарастаемости макрофитами, определяемая низкой минерализацией воды, невысоким содержанием в ней органического вещества, а также преобладанием на литорали большинства озер каменисто-гравийных и песчаных грунтов. В широко распространенных в регионе олиготрофных гумифицированных водоемах развитие макрофитов сдерживается также повышенным содержанием гуминовых веществ, а в олиготрофных кислотных – низким значением pH, ограничивающим развитие наиболее характерных для региона видов. К наименее зарастающим озерам также относятся большие олиготрофные озера и озера-водохранилища. Зарастанию в них часто препятствуют динамичность водной массы, подверженность ветроволновому воздействию, в ряде случаев – слабое развитие литоральной зоны, у озер-водохранилищ – частые изменения уровня.

Фитопланктон карельских озер типичен для флоры Европейского Севера, согласно «Альгофлора...» (2006), он насчитывает свыше 1084 таксонов и формируется в основном за счет диатомовых и зеленых водорослей, составляющих соответственно ~45 % и ~27 % от общего числа видов. Таксономическое представительство других групп убывает в следующей очередности: сине-зеленые (цианобактерии), золотистые, эвгленовые, желто-зеленые, криптофитовые водоросли,

динофлагелляты. Основной особенностью альгофлоры карельских озер является доминирование в них наиболее таксономически разнообразных диатомовых, зеленых, сине-зеленых и золотистых водорослей. Диатомовые водоросли представлены широко распространенными видами *Aulacoseira islandica*, *A. italic*, *A. alpigena*, *Tanbellaria fenestrata*, *Synedra ulna*, *Asterionela Formosa*, *Fragilaria crotonensis*, представителями родов *Achanthes*, *Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Eunotia*, *Cymbella*. Из зеленых наиболее разнообразны десмидиевые, хлорококковые и вольвоксовые. Десмидиевые обильны в озерах с сильно заболоченными водосборами, а хлорококковые и вольвоксовые предпочитают мелководные, хорошо прогреваемые водоемы. Среди цианобактерий в естественных условиях преобладают: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Gloetrichia echinulata*, *Woronichinia naegeliana*, *Aphanothece clathrata*. В фитопланктоне доминируют космополитные и эвритопные виды с широким диапазоном адаптации (составляющие $\sim 3/4$ от общей численности) при существенной доле бореальных и арктоальпийских видов.

Зоопланктон карельских озер включает более 600 таксонов, в том числе 441 вид коловраток и 211 ракообразных (клагоцеры и копеподы) (Куликова, 2001). Его таксономический состав типичен для фауны Европейского Севера. Структура сообщества характеризуется наличием холодноводного малокомпонентного и бореально-лимнического многокомпонентного комплексов. В ряде холодноводных северных озер (первый комплекс) встречается ледниковый реликт морского происхождения *Limnocalanus macrurus*. Второй комплекс составлен эвритермными и умеренно-тепловодными видами и имеет значительно более широкий ареал распространения. Среди ветвистоусых ракообразных наиболее часто встречающейся компонентой является *Daphnia cristata* Sars., а среди веслоногих – *Eudiaptomus gracilis* Sars. и мелкие циклопы – *Thermocyclops oithonoides* Sars. В целом озера имеют невысокие количественные показатели зоопланктона. В олиготрофных холодноводных

озерах биомасса зоопланктона в слое воды 0-2 м не превышает 0.18 г/м^3 (Покровский, Новиков, 1959), в то же время на юге и юго-востоке региона она может достигать 10.1 г/м^3 (оз. Носовское) и даже 27 г/м^3 (Чикшозеро). В формировании биомассы основную роль летом играют ветвистоусые, а в переходные сезоны – веслоногие ракообразные.

В донной фауне карельских озер насчитывается более 1000 видов и форм («Озера Карелии», 2013) европейского, европейско-сибирского и палеарктического распространения. Основу макрозообентоса образуют представители трех таксономических групп – Oligochaeta, Mollusca и Insecta. В меньшем количестве обнаружены все основные систематические группы донных беспозвоночных. Наиболее широко распространены личинки комаров семейства *Chironomidae*, которые нередко составляют 50-80 % общей биомассы бентоса. Из рако-образных широко распространены реликтовые рачки – мизида (*Mysis relicta*) и бокоплав гаммаракантус (*Gammaracanthus lacustris*), палласея (*Pallasea quadrispinosa*) и монопорейя (*Monoporeia affinis*). В естественных условиях, согласно данным В.В. Покровского, П.И. Новикова (1959), количественные показатели бентоса в озерах изменяются в следующих пределах: численность - от 200 до 3800 экз./м^2 , биомасса – от 0.07 до 1.4 г/м^2 , а согласно данным А.В. Рябинкина и др., (2003), основанным на измерениях озер охраняемых территорий - от 500 до 5300 экз./м^2 и – от 0.5 до 3.8 г/м^2 , соответственно.

В карельских озерах обнаружено 53 вида рыб, более половины которых составляют представители семейства лососевых – лосось, форель, паляя, ряпушка, сиг. Изобилие лососевых является важной особенностью ихтиофауны озер Карелии, придающей им исключительную ценность. Наряду с лососевыми также широко распространены окунь, щука, плотва (населяющие около 90 % всех озер), ерш (75 %), налим (60 %), лещ, укляя и язь. В небольших лесных озерах нередко встречается только окунь.

Практически вся территория Карельского

сегмента Балтийского щита лежит в пределах двух природных зон – северной и средней тайги. С переходом из одной зоны в другую изменяются как температурные, так и световые условия, что отражается на характере озерных экосистем. Как уже отмечалось, в Карелии различают Северный и Южный озерные края, разделенные Беломоро-Балтийским водоразделом. Северный озерный край на западе примыкает к хребту Маанселькя и Западно-Карельской возвышенности, на востоке переходит в Прибеломорскую низменность. В его пределах выделяют три основные части: северную, южную и, находящуюся между ними, Верхне-Кемскую впадину. Южный озерный край характеризуется сильно расчлененным рельефом (за исключением юго-восточной части), но его абсолютные высоты невелики. Здесь расположены и крупнейшие озера Европы - Ладожское и Онежское. Самостоятельным районом является Карельский перешеек, административно относящийся к территории Ленинградской области. Карельский перешеек, в свою очередь подразделяется на район бассейна северного рукава р. Вуокса, центральную часть Карельского перешейка, район Рощинских озер и район Центральной Карельской возвышенности.

Для **Северного озерного края** характерно наибольшее количество озер, концентрирующих около 80 % озерной воды (без учета вод Ладожского и Онежского озер, частично расположенных на территории Южного озерного края). Значительная часть крупных озер на сегодняшний день зарегулирована и превращена в озера-водохранилища.

Озера Северного озерного края характеризуются холодноводностью, что сдерживает в них активное развитие биоты. Для большинства из них в природных условиях свойственны невысокое содержание биогенных элементов, прежде всего фосфора (до 25 мкг/л) и азота, и достаточно низкие концентрации в поверхностном слое воды хлорофилла - «а» (0-2.9 мкг/л). Максимальная суточная первичная продукция обычно составляет - 0.04-1.16 мг О/л. (Сабылина, Басов, 2003). Воды озер обычно хорошо насыщены кислородом (80-95 %), хоть и здесь наблюдается его некоторая

«недонасыщенность», свойственная для всего карельского региона. Среди озер преобладают олиготрофные водоемы, однако в южной части края появляются и мезотрофные озера.

В экосистемах северных холодноводных озер облик фитопланктона, как правило, на протяжении всех сезонов определяют диатомовые. Наиболее значимыми являются виды рода *Aulacosira*, *Asterionella*, *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Cyclotella*, *Diatoma*, *Navicula* и некоторые другие (Чекрыжева, 1999). Для донной фауны характерно преобладание видов северного комплекса, голарктических и палеарктических видов и более низкие, чем на юге, значения биомассы (до 1.02 г/м² в озерах бассейна р. Кемь). Специфической чертой большинства водоемов края является значительное разнообразие состава Orthocladinae (подсемейство комаров-звонцов), представляющих свыше 30 % общего числа бентосных форм.

Северная часть Карелии характеризуется меньшей хозяйственной освоенностью, нежели южная, и антропогенный пресс на ее ресурсы несколько ниже, однако именно здесь находится крупнейшее горно-добывающее производство Республики, являющееся наиболее опасным загрязнителем природных вод. Кроме того, важнейшим фактором, отразившимся на северных озерах, явилось активное создание на их базе водохранилищ, имевшее место в первой половине XX в. В тот период это позволило практически полностью обеспечить потребности Республики в энергоресурсах.

В пределах Северного озерного края расположено большинство крупных карельских озер, в том числе 14 больших озер с площадями зеркала, превышающими 100 км². Их описание будет приведено в разделе 2.2.5.

Для **Южного озерного края** характерна большая мощность чехла осадочных отложений, перекрывающих кристаллический щит, что, наряду с изменениями температурных и световых условий, в значительной степени отражается на экосистемах расположенных здесь озер.

Для большинства озер Южного озерного края в природных условиях свойственно более

высокое содержание биогенных элементов, чем в водах озер Северного края. Концентрации общего фосфора могут достигать в воде 30-60 мкг/л. Концентрация хлорофилла – «а» в поверхностном слое в течение года изменяются в пределах 0,4-17,6 мкг/л, а максимальная суточная первичная продукция - 0,08-4,31 мг О/л. (Сабылина, Басов, 2003). Содержание кислорода в эпилимнионе в вегетационные периоды часто повышенное (до 120-140 %), тогда как в гипolimнионе во время летней и зимней стагнации периодически образуется кислородный дефицит.

Среди озер Южного озерного края встречаются как олиготрофные, так и мезотрофные водоемы, реже – эвтрофные. Количество мезотрофных водоемов повышается на Онего-Ладожском и Шуйско-Сунском водоразделах, больше всего их в Северном Приладожье. В этих же районах появляются и эвтрофные водоемы. Среди водоемов Онего-Ладожского водораздела и близ оз. Кончезера широкое распространение имеют также кислотные озера.

Для озер Южного края характерна большая степень зарастания акватории водоема высшей водной растительностью. Среди сообщества фитопланктона обычно доминируют диатомовые, значительное распространение имеют зеленые. Однако во многих озерах, даже в природном состоянии, наряду с диатомовыми значительного развития достигают сине-зеленые, прежде всего виды родов *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Gloeotrichia*, *Oscillatoria* (Чекрыжева, 1999). Бурное летнее развитие сине-зеленых, чаще всего спровоцированное антропогенной нагрузкой, нередко вызывает «цветение» воды, однако «цветение» при жарком лете может наблюдаться и в практически незатронутых антропогенным воздействием водоемах с повышенной естественной трофностью.

Для водоемов Южного края характерны наибольшее видовое разнообразие как зоопланктона, так и бентосной фауны и высокая численность популяций широко распространенных видов (Попченко, 1988).

В пределах Южного озерного края расположено 6 озер с площадями зеркала, превы-

шающими 100 км². Их описание будет также приведено в разделе 2.2.5.

Карельский перешеек (рис. 2.11) лимнологически часто делят на несколько основных озерных районов, при этом выделяют озера в бассейне северного рукава р. Вуокса, озера центральной части Карельского перешейка, Рощинские озера, озера Центральной Карельской возвышенности. Озера в бассейне северного рукава р. Вуокса гидрологически связаны между собой, их функционирование и происходящие со временем изменения размеров в значительной степени определяются деятельностью реки, неоднократно на протяжении последних тысячелетий изменявшей свой путь. Озера Центральной части Карельского перешейка достаточно крупные, обычно они простираются в длину на несколько километров и имеют характерную ориентацию с северо-запада на юго-восток, в направлении движения ледника. Озера представляют собой остатки потоков талых вод, образовавшихся при таянии ледника и сохранившихся во впадинах древних русел. Рощинские озера расположены в холмистой местности, в междуречье рек Волочаевки и Сестры, своим происхождением они обязаны леднику, одни образовались в выпавших им впадинах, другие - в котловинах, оставшихся на месте таяния погребенного мертвого льда. Форма большинства из них округлая или слегка удлинённая. Восточную часть Карельского перешейка занимает Карельская возвышенность, представляющая собой цепь моренных и камовых холмов, перемежающихся множеством замкнутых котловин, образовавшихся на месте таяния огромных глыб мертвого льда, значительная часть которых и занята озерами. Большинство таких озер имеют относительно небольшие размеры, но отличаются достаточной глубиной. Морфометрические характеристики наиболее крупных озер Карельского перешейка приведены в табл. 2.4. Больших озер с площадями зеркала более 100 км² на Карельском перешейке нет. Поэтому ниже будет представлена общая характеристика наиболее лимнологически изученных озер данного района.

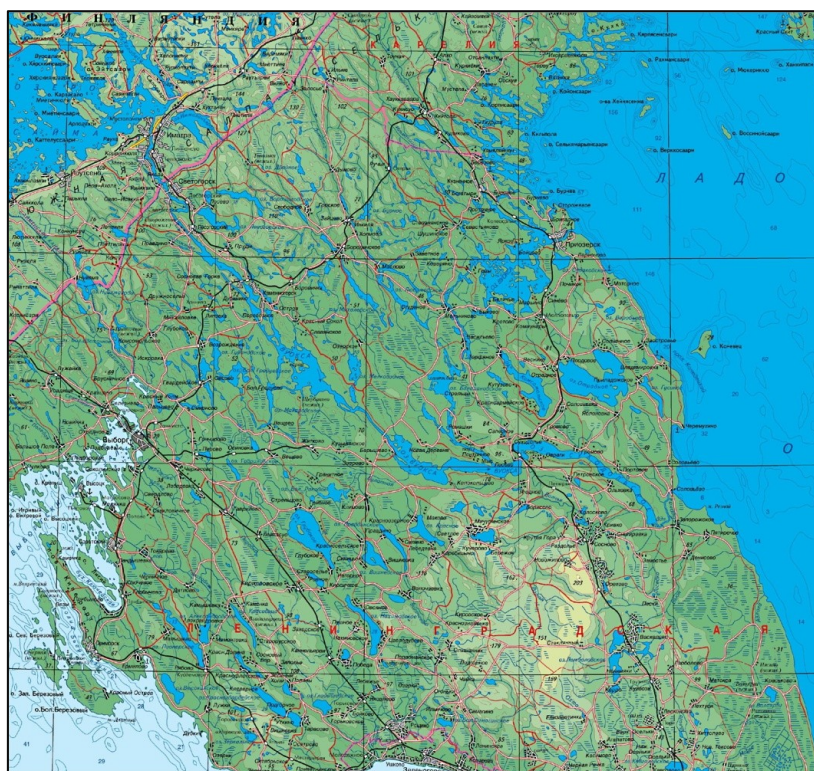


Рисунок 2.11. Карта Карельского перешейка

Таблица 2.4. Наиболее крупные озера Карельского перешейка

Озера	Площадь зеркала, км ²	Максимальная глубина, м	Высота над уровнем моря, м
Вуокса	92.6	27	4.8
Отрадное (Пюхя-ярви)	69.6	28	19.4
Суходольское	45	23	7
Глубокое (Муолан-ярви)	37.9	12.4	17
Вуокса (Вуокса-ярви)	30.3		
Комсомольское	24.5	19.6	14.9

Воды озер Карельского перешейка отличаются низкой минерализацией (32-75 мг/л) и, как правило, относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция. Содержание кислорода в воде обычно близко к полному насыщению, величины перманганатной окисляемости колеблются в пределах 3-15 мг О/л. По гидробиологическим показателям они сходны с водоемами Южного озерного края Карелии: средняя биомасса фитопланктона составляет 1.7-3.4 г/м³, зоопланктона - 2.8-3.1 г/м³,

зообентоса - 2.3 г/м². По трофическому состоянию большинство озер относятся к олиготрофному и мезотрофному типам, есть эвтрофные (Пронин, 1966, Архипцева и др., 1977).

На севере Карельского перешейка было подробно изучено 9 малых озер (с площадями зеркала до 1 км²) разного типа, приуроченных к сельговому рельефу и озерно-ледниковой террасированной равнине (Озера различных ландшафтов..., ч. I, 1968 и ч. II, 1969).

Формирование химического состава воды в условиях избыточного увлажнения, малой мощности рыхлых отложений и бедности почв обусловило их малую минерализацию (20-59 мг/л) и принадлежность вод к гидрокарбонатному классу. Для ряда озер была характерна повышенная роль сульфат-иона (20-43 %-экв.). Преобладающим катионом обычно являлся кальций, однако его превышение над магнием было незначительно. Реакция среды исследованных озер была от слабокислой до нейтральной, рН – 6.8-7.1. Перманганатная окисляемость изменялась в пределах 6-14 мг О/л. Содержание кислорода в поверхностных слоях воды составляло 7.9 – 9 мг/л О₂ (87-102 % насыщения). В придонном слое воды в озерах с летней термической стратификацией, как правило, насыщение кислородом опускалось до 0-50 %. Озера характеризовались низким содержанием биогенных элементов, за исключением растворенного кремния (1.1-6.6 мг/л).

В мелководных озерах зарастание макрофитами достигало 50 %, доминировали нимфеиды. Руководящими видами фитопланктона являлись диатомовые и золотистые водоросли, и только для озера, расположенного на террасированной равнине, отмечалось доминирование сине-зеленых водорослей, для этого водоема была характерна и наиболее высокая биомасса фитопланктона (400 мг/м³ против 20-110 мг/м³ в сельговых озерах). В зоопланктоне, как правило, господствовал ротаторно-капеподный комплекс. Летом ведущими видами являлись *Kellicottia longispina*, *Eudiaptomus gracilis*, *Mesocyclops oithonoides*, *M. leuckarti*, *M. crassus*, *Polyarthra euryptera*. Летняя биомасса зоопланктона озер колебалась в пределах от 0.4 до 8.7 г/м³. В зообентосе основной комплекс был хириноmidный и хаоборусо-хириноmidно-олигохетный, средняя биомасса составляла 0.5-8.5 г/м².

На севере Карельского перешейка изучались также более крупные озера (Михалевское, Бородинское, Лесогорское) с площадями зеркала от 2.5 до 9.3 км² и средними глубинами 7.0-7.8 м. Они характеризовались низкими показателями общей минерализации воды (40-54 мг/л), содержания в ней кальция (4-8 мг/л) и

перманганатной окисляемости (4.4 – 11.0 мг О/л). Для озер была характерна устойчивая термическая стратификация, поэтому содержание кислорода в придонных слоях нередко снижалось (Романова, 1981). Практически все озера характеризовались низкой степенью антропогенного воздействия.

Другая группа наиболее детально изученных озер расположена в Центральной части Карельского перешейка на границе озерно-равнинного и озерно-холмистого ландшафтов. На водосборах озер наиболее распространены поверхностно- и дерново-слабоподзолистые иллювиально-гумусово-железистые валунные почвы и торфяно-перегнойно-глеевые почвы, в них возрастает подвижность железа и фосфора. Заболоченность территории - 15 %, выше, чем в сельговом районе. Здесь было изучено восемь озер разного типа с площадью зеркала 0.07-14.2 км², с максимальными глубинами 4.0-22.0 м и средними - 2.0-9.5 м. На одном из них, оз. **Красном** сотрудниками Института озераведения с 1963 г проводятся регулярные мониторинговые работы (Озера Карельского перешейка, 1971, Биологическая продуктивность..., 1976, Особенности формирования..., 1984 и др.). В большинстве изученных озер коэффициент открытости (отношение площади зеркала к средней глубине) достаточно высокий, что характеризует в них неустойчивую стратификацию. Прозрачность воды составляла 0.5-4.0 м по диску Секки. Общая минерализация воды колебалась в пределах 21 - 80 мг/л, вода большинства изученных озер относилась к гидрокарбонатному классу группы кальция, однако преобладание атмосферных осадков в питании некоторых озер или значительное поступление болотных вод с водосбора способствовали переходу таких озер в сульфатный класс. Большинство озер этого района относилось к олигогумозному типу, реже встречались мезо- и полигумозные водоемы. Уровень биогенных элементов в значительной степени зависел от антропогенного воздействия, основным источником которого являлось сельское хозяйство. Несмотря на низкий процент сельскохозяйственной освоенности территории, нагрузка

сельского хозяйства на природную среду была весьма существенной из-за внесения значительных объемов минеральных удобрений и пестицидов. Интенсивная нагрузка была связана также с влиянием отходов крупных животноводческих комплексов и птицефабрик. Содержание общего фосфора в озерной воде в среднем составляло 11-52 мкг/л, а общего азота – 400-900 мкг/л, исключение составляло оз. Вишневоое, характеризовавшееся наибольшей нагрузкой на водосборе, где концентрация фосфора поднималась до 130, а азота до 2150 мкг/л (подробнее рассмотрено в разделе 2.2.6). В большинстве озер величина рН в течение года была близка к нейтральной и изменялась в пределах от 6.2 до 8.5. В фитопланктоне большинства озер отмечалось доминирование диатомовых, представленных в летний сезон *Aulacosira granulata*, *A. distans* var. *alpigena*, *Stephanodiscus rotula*, *Asterionella formosa*, *Fragelaria crotonensis*. Из планктонных дисмидиевых общими для всех озер являлись *Closterium aciculare*, *Staurastrum gracile*, *S. paradoxum*, *S. dejectum*, *Desmidium schwartzii*. Сине-зеленые водоросли были представлены типично-планктонными видами *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena limmermannii*, *Gloeotrichia echinulata*, *Lyngbya limnetica*, *Microcystis aeruginosa*, *M. wesenbergii*. Общая биомасса фитопланктона в период открытой воды в большинстве озер изменялась от 0.5 до 20-25 г/м³, средняя – от 2 до 3 г/м³. Наибольшая биомасса (до 54 г/м³) была отмечена в оз. Вишневоом. Содержание хлорофилла «а» в течение вегетационного периода изменялось в пределах 0.3-241 мкг/л, причем наибольшие цифры также были характерны для оз. Вишневоого. Величины максимальной суточной интенсивности фотосинтеза в озерах в период открытой воды составляли в среднем 0.1-7.2 мг О/л (Трифонов, 1990). Большинство озер рассматриваемого района относятся в основном к мезотрофным водоемам, ацидотрофные озера – к олиготрофным. Видовой состав зоопланктона исследованных озер был довольно однороден и представлен в основном эврибионтами, характерными для Северо-Запада РФ. В среднем за вегетативный период биомасса зоопланктона в озерах изменялась от 1.3 до 4.1

г/м³. Доминирующую роль в макрозообентосе играли личинки рода *Chironomus*, кроме них большую роль также играли личинки *Chaobogus*. В наиболее хорошо изученном оз. Красном биомасса зообентоса в среднем за вегетационный период составляла 5.5-6.6 г/м². В других озерах пределы колебания биомассы донных организмов составляли 1.0-10.5 г/м² (Особенности формирования..., 1984).

2.2.5. Большие озера

В пределах Карельского сегмента Балтийского щита (полностью или частично) расположено 22 озера с площадью зеркала более 100 км², в том числе части акватории крупнейших озер Европы – Ладожского и Онежского, информация о которых будет представлена в разделе 2.4. Оба озера расположены на стыке Балтийского щита с Русской плитой, и состав их вод формируется за счет притоков, поступающих с разных частей водосбора.

Из оставшихся водоемов к большим озерам, полностью расположенным в пределах Карельского сегмента Балтийского щита, относятся: Топ-озеро, Пя-озеро, Кереть, Тикше-озеро, Энг-озеро (северная часть Северного озерного края); Среднее, Верхнее и Нижнее Куйто, Нюк, (Верхне-Кемская часть Северного озерного края); Сег-озеро, Выг-озеро, Онд-озеро, Лексозеро, Тулос (южная часть Северного озерного края); Сямозеро, Водлозеро, Пюхя-ярви, Большое Янисьярви, Сандал, Пальозеро, (Южный озерный край). Их основные морфометрические характеристики представлены в табл. 2.5.

Большие озера северной части Северного озерного края включают Топ-озеро, Пя-озеро, Тикше-озеро (принадлежат к бассейну р. Ковда), а также оз. Кереть и Энг-озеро (принадлежат к бассейну р. Кемь). Для всех перечисленных озер характерны холодноводность, высокая прозрачность воды (от 5 до 8 м), по химическим параметрам и развитию биоты все озера квалифицируются как олиготрофные. Три из пяти озер превращены в водохранилища.

Таблица 2.5. Основные морфометрические характеристики больших озер Карелии

Озера	Площадь зеркала, км ²	Максимальная глубина, м	Средняя глубина, м	Объем водной массы, км ³	Высота над уровнем моря, м
Топ-озеро (вошло в состав Кумского вдхр.)	960	56	15.9	15.0	109
Сег-озеро (вошло в состав Сегозерского вдхр.)	753 (807)	103	29	23.4	119
Пя-озеро (вошло в состав Кумского вдхр.)	659 (1910)	49	17.7	10.1	109
Выг-озеро (вошло в состав Выгозерского вдхр.)	560 (1250)	20	7.5	4.2 (6.5)	89
Водлозеро (вошло в состав Водлозерского вдхр.)	322	16.3	2.8	0.91	136
Сямозеро	259	24.5	6.7	1.8	107
Среднее Куйто (вошло в состав Юшкозерского вдхр.)	257	34	10.4	2.7	101
Кереть	227	26	4.5	1.0	91
Пюхя-ярви	226	79.6	7.9	1.8	80
Нюк	220	40	8.5	1.8	134
Тикше-озеро (зарегулировано)	220	41	8	1.7	111
Верхнее Куйто	197	44	8.7	1.7	102
Бол. Янисярви (зарегулировано)	189	57	10.2	2.0	64
Онд-озеро (зарегулировано)	189	8	3.3	0.6	119
Лексозеро	168	34	8.5	1.4	174
Сандал (зарегулировано Кондопожской ГЭС)	166	58	12	2	62
Нижнее Куйто (вошло в состав Юшкозерского вдхр.)	141	33	9.4	1.2	101
Энгозеро	120	18	4.5	0.54	71
Пальозеро (зарегулировано Кондопожской ГЭС)	104	74	18	1.8	70
Тулос	103	23			157

Самым крупным озером северной части Северного озерного края с площадью зеркала 960 км² является **Топ-озеро** (табл. 2.5, рис. 2.12) – глубокое сбросовое ледниковое озеро, котловина которого выпажана ледником и подледниковыми потоками. Озеро имеет неправильную форму, вытянутую в направлении с северо-запада на юго-восток, и разделено на две части: северную, с широким плесом, и юго-восточную, меньшую по площади, сильно удлинённую и суженную. Является одним из крайних звеньев бассейна р. Ковда, впадающей в Белое море. С 1961 г. входит в систему Кумского водохранилища, в котором является самой высокой точкой. Питание Топ-озера обеспечивают 28 притоков, отток происходит по р. Софьянга, впадающей в Пяозеро; кроме того, через короткий проток, расположенный в юго-восточном конце Топ-озера, небольшая часть его вод поступает в бассейн р. Поньгомы.

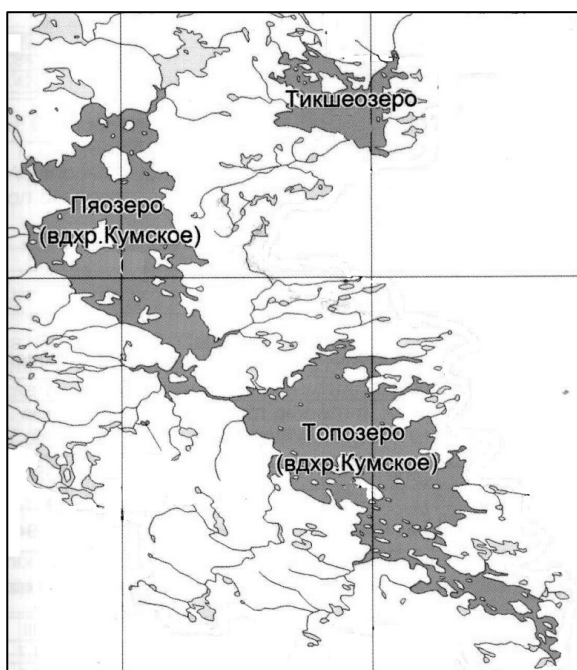


Рисунок 2.12. Топ-озеро, Пя-озеро и Тикше-озеро (бассейн р. Ковда)

По термическому режиму озеро относится к холодноводным водоемам с чистой, прозрачной водой светло-желтого цвета. В естественных условиях, согласно данным «Озера Карелии» (1959), прозрачность воды составляла до 8 м по диску Секки, озеро

характеризовалось слабой минерализацией, высоким насыщением кислородом по всему водному столбу. Величины рН изменялись в пределах 6.2 – 7.2, перманганатная окисляемость составляла 4.6 мг О/л. Из высшей водной растительности в озере произрастало свыше 20 видов: хвощ топяной, осоки, тростник обыкновенный, вахта трехлистная, несколько видов рдестов (пронзеннолистный, плавающий), полушник, лобелия, камыш озерный, кувшинка малая, кубышка желтая, и др. Заросли макрофитов были приурочены к заливам, устьям рек и другим закрытым участкам. В фитопланктоне преобладали диатомовые водоросли. В составе зоопланктона, кроме клadoцер и копепоид, видную роль играли коловратки. В бентосе наиболее распространены были личинки хирономид, ручейников, поденок, веснянок, черви (олигохеты, нематоды, пиявки), ракообразные (понторея, палласея, гаммарус, азеллос, мизис, придонные клadoцеры и циклопиды) и моллюски (пизидиум, сфериум, лимнеиды). Благодаря невысокой антропогенной нагрузке на бассейн Топ-озера качество его воды за прошедшие столетия изменено слабо. Согласно данным, содержащимся в «Озера Карелии» (2013), современная биота близка к естественной. В озере обитает 16 видов рыб: лосось, паляя, ряпушка, сиг, хариус, корюшка, щука, плотва, голянь, лещ, налим, окунь, ерш, язь, колюшка девятииглая и подкаменщик.

Оз. Пя-озеро (табл. 2.5, рис. 2.12) также имеет неправильную форму, вытянутую в направлении с северо-запада на юго-восток. Его котловина разделяется на северную и южную части сужением озера и глубоководной грядой, глубоководные ответвления основных впадин заходят в заливы и проливы. Из северного конца озера вытекает р. Кума (Кундозерка), по которой воды Пя-озера через систему озер (Кундозеро, Соколозеро и др.) поступают в Ковдозеро. После зарегулирования р. Кума с 1966 г. Пя-озеро является частью Кумского водохранилища. В результате постройки плотины на р. Кума уровень воды в озере был поднят в среднем на 9 м, что привело к значительному затоплению берегов и даже

нескольких близлежащих деревень.

Пя-озеро также характеризуется как холодно-водный водоем. Согласно «Озера Карелии» (1959), в естественных условиях его гидрохимический режим был схож с режимом Топ-озера. Сходство наблюдалось также в видовом составе макрофитов, структуре зоопланктона, донной и ихтиофауны. Согласно современным данным «Озера Карелии» (2013), вода озера продолжает оставаться слабо минерализованной (27 мг/л), гидрокарбонатного класса группы кальция, хорошо насыщенной кислородом, рН 6.6 – 7.4. Содержание хлорофилла – «а» изменяется от 0.6 до 2.4 мкг/л («Озера Карелии, 2013»). Озеро по-прежнему относится к категории олиготрофных водоемов. Среди макрофитов произрастают хвощ топяной, кувшинка четырехгранная, кубышка желтая, полушник озерный, хара, степень зарастания 0.75 %. В фитопланктоне преобладают диатомовые водоросли, 23 вида, сине-зеленых – 5, золотистых – 7, желто-зеленых – 1, динофлагеллят – 2, эвгленовых – 2, зеленых – 7. В составе зоопланктона представлено 6 видов коловраток, из веслоногих 4 каланиды и 7 циклопид, 22 вида ветвистоусых ракообразных. В бентосе наиболее распространены личинки хирономид, ручейников, моллюски (эуглеза, сфериум), ракообразные.

Тикше-озеро (табл. 2.5, рис. 2.12) занимает ледниково-тектоническую котловину, приближающуюся по форме к четырехугольнику с прилегающими заливами. В 1953 г. оно было превращено в водохранилище с сезонным регулированием стока. По своему термическому режиму является типичным холодно-водным водоемом. Согласно данным «Озера Карелии» (1959, 2013), вода озера чистая, слабоминерализованная (18—23 мг/л). Прозрачность - до 7 м. Содержание кислорода летом составляет более 85 % насыщения. Содержание углекислоты от 1.6 до 3.4 мг/л. Перманганатная окисляемость от 2.6 до 10 мг О/л. По всем показателям относится к олиготрофным водоемам.

Биота Тикше-озера типична для других холодно-водных северо-карельских озер. Высшая водная растительность развита слабо,

преимущественно вдоль побережья, открытые участки практически лишены растительности. Наиболее представительны тростник обыкновенный, хвощ топяной, камыш озерный, хвостник обыкновенный, осоки, горец земноводный, рдесты (пронзеннолистный, злаковый), вахта трехлистная, кувшинка чисто-белая, кубышка желтая, шелковник водный, уруть очередноцветковая, полушник колючеспоровый. Средняя численность планктонных организмов летом достигает 2.5 тыс. экз/м³, из них около половины составляют ветвистоусые рачки, также достаточно широко представлены веслоногие ракообразные и коловратки. В бентосе доминирующими группами являются хирономиды, паденки, понтопорей и моллюски. Максимальные значения биомассы характерны для верхней литорали (0—3 м), на глубинах более 6 м преобладают понтопорей, хирономиды и пизидиум. Основным проявлением антропогенной активности является зарегулированность уровня озера.

Благодаря невысокой антропогенной нагрузке на бассейн Топ-озера качество его воды изменено слабо. Основные антропогенные изменения на озере наблюдались после его зарегулирования, сопровождавшегося значительным поднятием уровня.

Оз. Кереть (табл. 2.5, рис. 2.13) имеет котловину ледниково-тектонического происхождения, обладает чрезвычайно изрезанной береговой линией и разделено сравнительно узкими протоками на ряд обособленных плесов. Согласно данным «Озера Карелии» (1959, 2013), минерализация его воды невысокая, прозрачность составляет около 5 м. Вода имеет слабокислую реакцию, рН 6.6—6.8, реакция заметно понижается в южной части озера, что связано со значительным поступлением сюда гумифицированных вод из прилегающих болот. Насыщение водной толщи кислородом высокое (90—100 % нормального насыщения). Зимой в отдельных ямах возможен значительный дефицит кислорода.

Наличие широкой прибрежной полосы с малыми глубинами почти вдоль всего побережья озера обуславливает здесь очень

большое развитие высшей водной растительности. Преобладают тростник обыкновенный, камыш озерный, осока, часто встречаются хвощ топяной, кувшинка чисто-белая, рдесты (пронзеннолистный, плавающий), местами элодея канадская и др. Годовая продукция фитопланктона составляет 62 г С/м². Зоопланктон представлен ветвистоусыми ракообразными (Bosminidae и Chydoridae) и коловратками (Synchaetidae и Euchlanidae). Самой малочисленной группой являются копеподы. Антропогенная нагрузка на озеро низкая, оно продолжает сохранять свои природные характеристики.

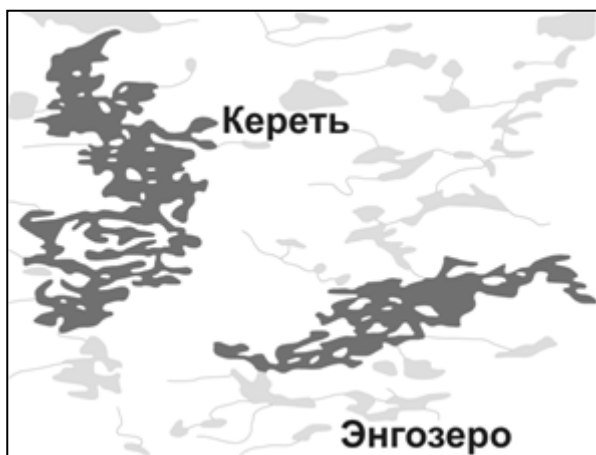


Рисунок 2.13. Озера Кереть и Энг-озеро (бассейн р. Кемь)

Энг-озеро (табл. 2.5, рис. 2.13) по генезису озерной котловины также относится к тектонико-ледниковому типу. Имеет сильно вытянутую форму в типичном для региона направлении с запада-юго-запада на восток-северо-восток. По термическому режиму относится к холодноводному типу. Вода слабоминерализованная. Прозрачность составляет 1.8—2.5 м. рН – 6.6-6.8. Вода имеет темную окраску. Концентрация кислорода в период открытой воды близка к насыщению (80—90 %) по всей водной толще. Перманганатная окисляемость - 10-11 мгО₂/л («Озера Карелии», 1959, 2013). По концентрации биогенных веществ и производительности фитопланктона Энгозеро характеризуется как олиготрофный водоем. Высшая водная растительность развита слабо, приурочена прежде всего к заливам, береговой полосе островов и устьевым участкам рек. Зоопланктон включает

19 таксонов, 5 видов веслоногих ракообразных, 8 видов ветвистоусых и 6 видов коловраток. В составе бентосной фауны главную роль играют водные насекомые, в частности личинки хирономид. Кроме того, в озере обитают моллюски, из ракообразных – понтопороя и мизис, а также олигохеты, нематоды, пиявки и представители других групп бентоса. Средняя биомасса - 0.58 г/м². Антропогенная нагрузка на водоем низкая, озеро продолжает сохранять свои природные характеристики.

Большие озера Верхне-Кемской части Северного озерного края включают оз. Среднее, Верхнее, Нижнее Куйто и Нюк. В отличие от озер северной части края, по термическому режиму они приближаются к озерам умеренного типа. Вода слабоминерализованная, гидрокарбонатного класса группы кальций (в оз. Нюк сульфатно-гидрокарбонатного класса), прозрачность воды в озерах ниже и изменяется от 1.7 до 5 м. Оз. Верхнее и Среднее Куйто характеризуются как олиготрофные водоемы, оз. Нижнее Куйто как мезотрофный, оз. Нюк имеет черты как олиготрофного, так и мезотрофного водоема. Система оз. Куйто зарегулирована.

Оз. Среднее, Верхнее и Нижнее Куйто (табл. 2.5, рис. 2.14) входят в озерную систему Куйто, занимающую срединную часть Калевальского национального района Карелии, принадлежат к системе реки Кемь. Озера дугообразно вытянуты в широтном направлении на 140 км, их положение в системе определяется названием. Все озера системы однотипны. После строительства плотины в истоке р. Кемь озера Среднее и Нижнее Куйто вошли в состав Юшкозерского водохранилища.

Все озера Куйто имеют котловины тектонического происхождения, характеризующиеся значительными глубинами. По термическому режиму они приближаются к озерам умеренного типа. Вода слабоминерализованная, гидрокарбонатного класса группы кальций. Цвет воды во всех озерах колеблется от светло-желтого до светло-коричневого. Прозрачность достигает зимой 4-4.7 м, а летом снижается до 2-3 м. Зимой в придонных слоях

оз. Среднее Куйто возникает дефицит кислорода. Озера Верхнее и Среднее Куйто характеризуются как олиготрофные, Нижнее Куйто – мезотрофное (Озера Карелии, 2013). В воде

озер Верхнее и Среднее Куйто периодически возникает небольшое превышение ПДК по отдельным показателям, обычно железу и меди, а также ХПК. В результате в последние



Рисунок 2.14. Озера Верхнее, Среднее и Нижнее Куйто и Нюк (бассейн р.Кемь)

годы их озерная вода часто квалифицируется как слабо-загрязненная.

Высшая водная растительность сконцентрирована главным образом в заливах, где помимо прибрежных зарослей осоки и тростника обыкновенного большие площади заняты подводными растениями – различными рдестами (блестящим, пронзеннолистным, плавающим), урутью очередноцветковой, роголистником погруженным. В фитопланктоне наряду с диатомовыми широкое распространение имеют сине-зеленые, представлены динофлагелляты, золотистые, желто-зеленые, зеленые и эвгленовые. В зоопланктоне доминируют ветвистоусые рачки, в том числе - дафния, лимносида, голопедиум, босмина, битотрефес и др., веслоногие ракообразные, в том числе - циклопс, мезоциклопс, лимнокалянус, эвритемора, коловратки. Донное население состоит в основном из мелких личинок хирономид

(Procladius, Orthocladiinae), мелких моллюсков (пизидиум и вальвата), олигохет и реликтовых ракообразных (понтопорей. палласея, мизис). В связи с большим распространением на дне оз. Ср. Куйто твердой рудоносной корки бентос в количественном отношении развит очень слабо, несколько богаче донное население отдельных заливов и губ (Озера Карелии 1959, 2013).

На берегах озер системы Куйто расположены несколько поселений, что приводит к их загрязнению коммунально-бытовыми стоками. Однако в целом вода всех озер системы Куйто сохраняет естественные черты и слабо затронута загрязнением, значительных изменений между значениями большинства показателей в середине прошлого века и современными не наблюдается.

Озеро Нюк (табл. 2.5, рис. 2.14) ледниково-тектонического происхождения. Имеет лопасть-

ную форму, разделяется на две большие части: южную, основную, вытянутую с запада на восток, и присоединенную к ней почти под прямым углом северную. Так же как и озера системы Куйто, по своему термическому режиму приближается к озерам умеренного типа. Вода слабоминерализованная, сульфатно-гидрокарбонатного класса группы кальций. Прозрачность воды изменяется по акватории от 1.7 до 3.2 м. Согласно данным Озера Карелии (1959, 2013), насыщение кислорода на поверхности и у дна составляет 80 — 95 %. Содержание свободной углекислоты от 1.9 до 3.2 мг/л. Величина рН колеблется от 6.4 до 7.0. Озеро олиготрофно-мезотрофное; его вода хорошего качества. Биота в общем схожа с биотой озера системы Куйто. Водная растительность представлена тростником обыкновенным, камышом озерным, рдестами (плавающий, пронзеннолистный), хвощом топяным, ежеголовниками (простым, плавающим), шелковниками (вильчатый, водный), горцем земноводным, урутью очередноцветковой, кубышкой желтой, осоками и мхами. Степень зарастания – 1.3 %. В фитопланктонном сообществе в разное время года доминируют диатомовые, сине-зеленые и зеленые. Массовое развитие водорослей в отдельные годы в августе вызывает «цветение» воды. Озеро испытывает слабое антропогенное загрязнение, по большинству характеристик вода близка к природному состоянию.

Большие озера южной части Северного озерного края включают оз. Сег-озеро, Выг-озеро, Онд-озеро (бассейн Беломорско-Балтийского канала), Лексозеро, Тулос (бассейн р. Вуокса, Лендерки). По термическому режиму Сег-озеро представляет собой холодноводный водоем, Онд-озеро и Лекс-озеро принадлежит к озерам умеренного типа. Вода большинства озер слабоминерализованная, гидрокарбонатного класса группы кальций, в Лексозере - карбоксилатно-гидрокарбонатного класса, а в оз. Тулос - сульфатно-гидрокарбонатного класса, группы натрия. Оз. Сег-озеро, Лексозеро и Тулос характеризуются как олиготрофные водоемы, оз. Онд-озеро - как мезотрофный. Оз. Сег-озеро, Выг-озеро и Онд-озеро зарегулированы, уровень воды Сег-озера и Выг-озера был поднят на 6.3 и 7 м, соответственно. Качество воды Выг-озера существенно ухудшилось из-за сточных вод расположенного на его берегу Сегежского ЦБК.

Среди озер южной части Северного озерного края самым крупным является **оз. Сег-озеро** (табл. 2.5, рис. 2.15). В естественных условиях его площадь (с островами) составляла 753 км², после того как в 1957 г. в истоке вытекающей из него реки Сегежа была построена плотина, уровень воды в озере поднялся на 6.3 м, а площадь зеркала созданного озера-водохранилища составила 807 км².

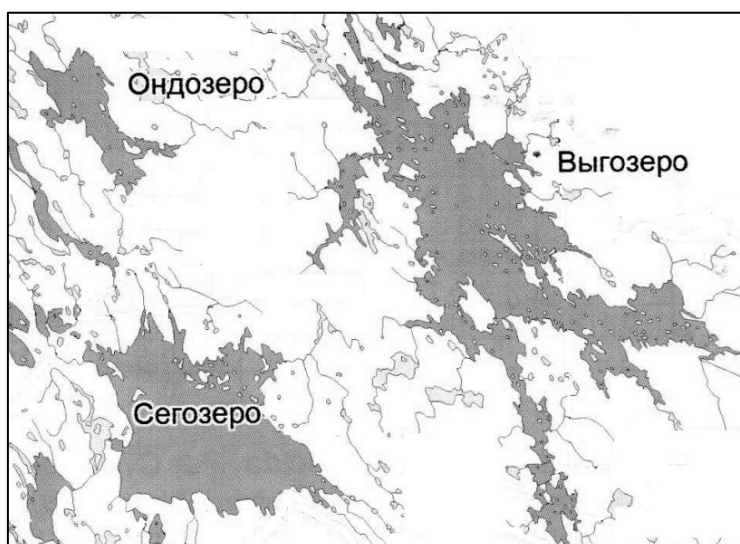


Рисунок 2.15. Сег-озеро, Выг-озеро, Онд-озеро (бассейн Беломорско-Балтийского канала)

Изучение озера было начато еще с начала XX в., оно описано в работах С.Н. Соколова (1906) и Г.Ю. Верещагина (1921). Сег-озеро имеет котловину тектонического происхождения, характеризующуюся значительными глубинами, представляет собой холодноводный водоем с чистой, прозрачной водой. В естественных условиях прозрачность его воды составляла до 5 м по диску Секки, цвет был светло-желтоватым, в настоящее время прозрачность сократилась до 3.5 м (Курицын, 2011). Согласно данным «Озера Карелии» (1959) озеро характеризовалось слабой минерализацией, принадлежностью к гидрокарбонатному классу группы кальция, насыщенность воды кислородом в летние месяцы составляла 70-100 %. Величины рН изменялись в пределах 6.6 – 7.0, перманганатная окисляемость составляла около 5 мг О/л. Высшая водная растительность Сег-озера до его превращения в водохранилище состояла из тростника обыкновенного, хвоща, рдестов, кубышки желтой, кувшинки малой, камыша, элодеи, ежеголовника, гречихи земноводной и др. Наиболее обширные заросли встречались в Сондальском заливе, ширина их местами достигала 300—500 м. В настоящее время мелководья зарастают медленно, так как этому процессу препятствуют значительные колебания уровня в водохранилище.

В фитопланктоне озера доминировали диатомовые. В составе зоопланктона, согласно «Озера Карелии» (1959), руководящими формами являлись: из ветвистоусых - *Bosmina obtusirostris lacustris*, *Bosmina obtusirostris obtusirostris*, *Daphnia cristata*; из каланид – *Diaptomus gracilis*, *Limnocalanus macrurus*, *Eurytemora lacustris*; из циклопид – *Mesocyclops lerckarti*, *Mesocyclops oithonoides*. После превращения озера в водохранилище состав зоопланктона несколько изменился, в настоящее время преобладают ветвистоусые, составляющие до 60 % общей численности и 80 % биомассы со значительной долей *Bosmina* (Курицын, 2011). Донная фауна до зарегулирования была представлена червями (олигохеты, нематоды, пиявки и др.), водными насекомыми (хирономиды, ручейники, поденки, веснянки и др.), моллюсками (пизидиум,

сфериум, лимнеиды, планорбиды, вальвата), ракообразными (понтопорея, палласея, гаммарус, мизис, придонные кладоцеры, остракоды), водяными клещами и др. В настоящее время уменьшилась численность макрозообентоса.

Основные антропогенные изменения на озере наблюдались после его зарегулирования, сопровождавшегося значительным поднятием уровня. Изменения отразились на составе макрофитов и биоты, однако вода озера сохранила хорошее качество. Озеро по-прежнему продолжает оставаться олиготрофным. Ихтиофауна озера практически не изменилась, однако в ней добавилось 2 новых вида-акклиматизанта – корюшка и судак. На озере работает форелеводческое хозяйство «Сегозерское».

Оз. **Выг-озеро** (табл. 2.5, рис. 2.15) имеет котловину ледникового происхождения. В 1933 г. озеро было превращено в водохранилище в связи с включением его в трассу Беломорско-Балтийского канала, уровень его воды был поднят почти на 7 м, что вызвало затопление обширной территории и увеличение площади водоема почти в два раза с 560 до 1250 км². С затопленной территории в водохранилище поступило большое количество органических и минеральных веществ (древесных и травянистых остатков, всплывших торфяников, размытых почв и пр.). Последствия превращения озера в водохранилище существенным образом сказались на его гидрохимическом режиме и вызвали большие изменения в растительном и животном мире водоема, включая рыб. Чрезвычайно медленно после подъема уровня воды протекало восстановление высшей водной растительности.

По данным 1950-х гг. («Озера Карелии», 1959), величины рН у поверхности воды в Выг-озере составляли 6.8-7.1, у дна – 6.6-6.9, прозрачность воды колебалась в пределах 1.4-2.4 м, цвет воды был коричневый. После зарегулирования кислородный режим озера оставался удовлетворительным только в летнее время, и значительно ухудшался в придонных слоях ряда глубоких участков к концу зимнего периода. Однако, наряду с затоплением, нега-

тивное влияние на качество озерной воды оказывало также поступление в воду отходов целлюлозного производства с Сегежского ЦБК. Комбинат был построен еще в 1936 г., однако в 1960-е гг. на нем была проведена крупная техническая реконструкция, существенно поднявшая производство. С поднятием производства увеличился и объем сбрасываемых сточных вод. Экологическое состояние озера постоянно ухудшалось вплоть до конца 1970-х гг., когда для улучшения экологической ситуации была построена станция биологической очистки сточных вод ЦБК, вышедшая на проектные показатели к середине 1980-х. Современное экологическое состояние Выг-озера и характер произошедших изменений качества его воды рассматриваются в разделе 2.2.6.

Онд-озеро (табл. 2.5, рис. 2.15) - запрудно-речное озеро ледникового генезиса, появившееся в результате преграждения речных долин ледниковыми наносами. Представляет собой водоем с широким плесом, вытянутым с северо-запада на юго-восток, кроме больших заливов имеются многочисленные небольшие губы. Уровень воды в озере регулируется через сток р. Онда, в устье которой имеется плотина.

По своему термическому режиму Онд-озеро принадлежит к озерам умеренного типа, благодаря его мелководности происходит быстрое и интенсивное прогревание всей водной толщи. Вода слабоминерализованная. Прозрачность – 1.5 - 3 м, цвет - желтовато-зеленый. Содержание кислорода в воде озера в летнее время в придонных слоях более 90 % насыщения. Концентрация свободной углекислоты в поверхностном слое около 2.3 мг/л, в придонном - 2.8 мг/л. Значения рН колеблются преимущественно от 6.7 до 6.9, однако в период весенних паводков периодически отмечается слабокислая реакция среды («Озера Карелии», 1959, 2013). Озеро мезотрофное; его вода хорошего качества. Периодически возникает превышение ПДК по отдельным показателям, обычно железу и меди, а также ХПК. В результате в последние годы озерная вода периодически квалифицируется как слабо-загрязненная и загрязненная, местами - сильно загрязненная.

Из водной растительности в озере наиболее широко распространены камыш озерный и тростник обыкновенный. Менее развиты осоки, хвощ топяной, горец земноводный, кизляк кистецветный, сабельник болотный, стрелолист обыкновенный, частуха подорожниковая, кубышка желтая, поручейник широколистный. На лудах встречается уруть. В фитопланктоне представлены сине-зеленые, диатомовые водоросли, динофлагелляты, золотистые и зеленые. Годовая продукция составляет 36 г С/м². В зоопланктоне доминируют ветвистоусые рачки, коловратки и веслоногие ракообразные. В затишной литорали, в заливах, а также в участках, прилежащих к литорали и к заливам, в немалом количестве встречаются крупные рачки. В бентосе преобладают личинки хирономид (около 1/2 биомассы), пизидиум, понтопорья, олигохеты, пиявки, ручейники.

Озеро испытывает слабое антропогенное загрязнение, по большинству характеристик вода близка к природному состоянию.

Лексозеро (табл. 2.5, рис. 2.16) имеет ледниково-тектоническое происхождение. Вытянуто в общем направлении с северо-северо-запада на юг-юго-восток, разделяется на три основных плеса: широкий северный с многочисленными островами, открытый центральный и островной юго-западный. Является одним из звеньев водной системы, соединяющей Ребольские и Лендерские озера с водоемами Финляндии, общий сток из системы происходит через р. Вуоксу в Ладожское озеро.



Рисунок 2.16. Озера Лексозеро и Тулос (бассейн р. Вуокса, Лендерки)

По своему термическому режиму принадлежит к озерам умеренного типа, в связи с не очень большими глубинами в летний период его вода хорошо прогревается. Озерная вода слабоминерализованная. Летом ее прозрачность колеблется от 3 до 5.1 м. Цвет воды - желтоватый со слабым зеленоватым оттенком. Озеро олиготрофное; его вода высокого качества («Озера Карелии», 1959, 2013).

Водной растительностью покрыто около ¼ береговой полосы Лексозера. Наиболее распространен тростник обыкновенный, заросли которого встречаются во всех районах озера. Также встречаются камыш озерный, хвощ топяной, рдесты (пронзеннолистный, плавающий), горец земноводный, кубышка желтая, кувшинка малая, полушник озерный, водяные мхи, харовые водоросли. Степень зарастания составляет 1.2 %. В фитопланктоне доминирующее положение занимают диатомовые и сине-зеленые, годовая продукция составляет 16 г С/м². В состав зоопланктона входят ветвистоусые и веслоногие ракообразные, циклопы, основная масса рачков обитает в поверхностном слое воды. Донная фауна количественно не богата и состоит главным образом из водных насекомых и моллюсков, высшие ракообразные полностью отсутствуют.

На северо-западном берегу озера расположен посёлок Реболы. Озеро испытывает слабое антропогенное загрязнение, по большинству характеристик его вода близка к природному состоянию.

Оз. Тулос (табл. 2.5, рис. 2.16) расположено вблизи российско-финляндской границы на водоразделе Балтийского и Белого морей на водосборе р. Вуоксы-Лужмы (Тулы) - притока Ладожского озера. Озеро пресное, вода слабо минерализованная (минерализация 10 мг/л) смешанного сульфатно-гидрокарбонатного класса, группы натрия. Озеро мезогумусное, рН 6.5-6.7. Отличается низким уровнем содержания биогенных элементов, характеризуется как олиготрофное. В фитопланктоне насчитывается 2 вида сине-зеленых, 5 золотистых, 6 диатомовых, 1 желто-зеленых, 1 криптофитовых, 1 динофлагеллят, 1 эвгленовых, 3 вида зеленых водорослей. В сообществе зоопланктона определены 4 вида коловраток, из веслоногих 4 каланоиды, 4 циклопоиды и 13 ветвистоусых ракообразных (Озера Карелии, 2013). В макрозообентосе представлены комары-звонцы, малошетиновые черви, двустворчатые моллюски, ручейники, поденки, мокрецы. Средняя численность 494 экз/м², около 2/3 приходится на моллюски. В озере водится 13 видов рыб, среди которых хариус, сиг, ряпушка, окунь, плотва, щука, елец, ерш, уклейка, обыкновенный подкаменщик, лещ, язь, налим. Рыбопродуктивность 5-6 кг/га.

Озеро Тулос испытывает слабое антропогенное воздействие.

Большие озера Южного озерного края включают оз. Водлозеро (бассейн р. Водла), Сямозеро (бассейн р. Шуя), Большое Янисъярви (бассейн Ладожского озера), Пюхяярви (бассейн р. Вуокса), Сандал, Пальозеро (бассейн р. Суна). По термическому режиму большинство озер принадлежат к умеренному типу, лишь оз. Сандал и Пальозеро – к холодноводным водоемам. По химическому составу воды озер Южного края наиболее разнообразны. В озерах Сямозеро и Водлозеро вода относится к гидрокарбонатному классу группы кальций, в оз. Пюхя-ярви - к смешанному классу: гидрокарбонатно-сульфатному (зимой) и сульфатно-гидрокарбонатному (осенью), в оз. Янисъярви – к гидрокарбонатно-сульфатно-карбонатному, а в оз. Сандал и Пальозеро – к гидрокарбонатно-карбонатному. Оз. Сандал и Пальозеро характеризуются как олиготрофные водоемы, оз. Сямозеро, Пюхя-ярви, Янисъярви - как мезотрофные, оз. Водлозеро – является эвтрофным. Оз. Водлозеро, Янисъярви, Сандал и Пальозеро зарегулированы.

Водлозеро (табл. 2.5, рис. 2.17) - озеро ледникового происхождения, самое крупное из озер Южного озерного края с площадью зеркала 322 км². В 1934 г. оно было превращено в водохранилище сезонного регулирования, используемое для лесосплава. С этой целью были сооружены деревянные плотины, регулирующие сток вытекающих из

озера рек Вамы и Сухой Водлы. В 1990-х гг. лесосплав был прекращен, и основное использование водохранилища стало связано с водообеспечением населенных пунктов. В 2006 г. в истоке р. Вама деревянная плотина была заменена на нерегулируемую бетонную, которая позволяет поддерживать минимальные уровни воды в озере, оптимальные для рыбоводства.



Рисунок 2.17. Озеро Водлозеро (бассейн р. Водла)

Вода в озере слабо минерализованная (менее 30 мг/л), гидрокарбонатного класса группы кальция. Содержание органического вещества и цветность высокие вследствие значительной заболоченности водосбора. Цвет воды темно-желтый, прозрачность – 1.5 – 2.4 м. Согласно литературным данным («Озера Карелии», 1959, 2013), перманганатная окисляемость в озере изменяется от 9.5 до 20.0 мг О/л, рН в поверхностном слое составляет 6.5 – 7.0, в придонном – 6.4 – 7.0. Содержание кислорода летом – 7.9 – 10.9 мг О/л (до 85 – 98 % насыщения), на глубине – 6.8 – 4.6 мг О/л. Зимой содержание кислорода снижается до 1.9 – 0.9 мг О/л. Озеро мезополигумусное, эвтрофное. Из-за широкого развития каменистых грунтов прибрежная зона открытых районов озера почти лишена макрофитов. В мелководных губах произрастают тростник обыкновенный, горец земноводный, рдесты (пронзеннолистный, плавающий), ежеголовник плавающий, хвощ топяной, кубышка желтая, кувшинка чисто-белая, элодея канадская,

жерушник болотный, водяные мхи. Фитопланктон представлен 71 таксоном, сине-зеленых – 8, золотистых – 6, диатомовых – 28, желто-зеленых – 4, криптофитовых – 1, динофлагеллят – 1, эвгленид – 5, зеленых – 18. Средняя годовая продуктивность – 64 г С/м². В зоопланктоне ведущее значение имеют ветвистоусые ракообразные – 15 видов, коловраток – 13, веслоногих ракообразных каланид – 2, циклопид – 6. Для озера характерен богатый зообентос, представленный 110 таксонами. К ведущим группам относятся личинки хирономид, олигохеты, пиявки, ракообразные, моллюски, а также веснянки, ручейники, личинки толстохоботных комаров, мокрецы. Озеро характеризуется высокой рыбопродуктивностью. Рыбное сообщество сформировано из 20 видов, относящихся к 9 семействам.

Водлозеро входит в созданный в 1991 г. Государственный национальный парк «Водлоозерский», хозяйственная деятельность на нем регламентирована. Озеро в значительной степени сохранило природное состояние.

Сямозеро (табл. 2.5, рис. 2.18) – озеро ледниково-тектонического происхождения, расположенное в средней части р. Шуя. По термическому режиму относится к умеренному типу озер. Вода слабо минерализованная, гидрокарбонатного класса группы кальция. Согласно данным «Озера Карелии» (1959, 2013), активная реакция устойчива: рН летом около 7.0, зимой около 6.2. Содержание органического вещества и цветность высокие, вследствие значительной заболоченности водосбора. Озеро мезогумусное. Цвет воды коричневый. Прозрачность колеблется от 0.7 до 4.5 м. Содержание кислорода в воде осенью близко к насыщению, зимой на глубинах до 10 м составляет около 90 % от насыщения, в апреле — не более 78—85 %. В заливе Лахта в течение всей зимы наблюдается отсутствие кислорода, накопление углекислоты (до 8.8 мг/л). Озеро характеризуется как мезотрофное.

Высшая водная растительность развита незначительно, за исключением залива Лахта. Наиболее широко представлены: камыш

(озерный, малоцветковый), тростник обыкновенный, горец земноводный, кубышка (желтая, малая), стрелолист (плавающий, всплывающий), хвощ топяной, рдест (злаколистный, сплюснутый, пронзеннолистный, плавающий), вех ядовитый, ежеголовники (плавающий, всплывающий), кизляк кистецветный, шелковник водный, лютик стелющийся, сабельник болотный и уруть (очередноцветковая, мутовчатая). Степень зарастания – 7.1 %. В фитопланктоне Сямозера насчитывается 19 видов сине-зеленых, золотистых – 24, диатомовых – 42, желто-зеленых – 2, криптофитовых – 1, динофлагеллят – 4, эвгленид – 3, зеленых – 40. Средняя годовая продукция – 31 г С/м². Зоопланктон преимущественно рачковый, коловраток – 113, веслоногих ракообразных каланид – 3, циклопид – 25, харпактикод – 1, ветвистоусых рачков – 89. Для озера характерен богатый зообентос, включающий 182 таксона. Много хирономид, двухстворчатых моллюсков, олигохет, бокоплавов. Рыбное сообщество включает такие виды, как лосось, сиг, корюшка, уклея, судак, хариус, ряпушка, а также окунь, плотва, щука, язь, голавль, лещ, синец, голец усатый, щиповка, налим, густера, елец, ерш, обыкновенный подкаменщик. Рыбопродуктивность – 8-9 кг/га.



Рисунок 2.18. Озеро Сямозеро (бассейн р. Шуя)

По берегу озера расположены населённые пункты, дачные поселки, лагеря здоровья и базы отдыха. Возле населенных пунктов находятся культурные земли (пашни). Озеро

используется для товарного рыбоводства, является источником водоснабжения п. Эссойла и приемником сточных вод сельского и коммунального хозяйства. В результате своей мелководности Сямозеро, по сравнению с другими крупными водоемами Карелии, оказалось наиболее подвержено процессам антропогенного эвтрофирования. Его максимальное эвтрофирование приходилось на 1972-85 гг.

Оз. Пюхя-ярви (табл. 2.5, рис. 2.19) имеет котловину ледниково-тектонического генезиса, находится на границе с Финляндией, на территории России располагается лишь его юго-восточная часть. Относится к бассейну р. Вуоксы и Ладожского озера. Вода характеризуется низкой минерализацией (около 35 мг/л), относится к смешанному классу: гидрокарбонатно-сульфатному (зимой) и сульфатно-гидрокарбонатному (осенью), группе кальция, что очень редко для карельских озер, рН от 6.7 до 7.1 (Озера Карелии 2013). Для озера характерно повышенное содержание в воде кремния. Насыщенность кислородом в теплое время года достаточно высокая, однако в зимнее время наблюдается дефицит кислорода в придонных слоях. Вследствие малого удельного водосбора озеро характеризуется достаточно низким содержанием органических веществ, соответствующим олигогумусному типу водоемов с достаточно высокой долей автохтонного органического вещества. Среднее содержание общего фосфора в осенне-зимний период составляет 10-13 мкг/л и более соответствует мезотрофному типу водоема, что согласуется и с содержанием в воде хлорофилла-«а». В то же время по биологическим показателям – таксономическому составу, показателям численности и биомассы зоопланктона и макробентоса – российская часть озера в настоящее время относится к типу олиготрофных водоемов (Рябинкин и др., 2008).

Оз. Пюхя-ярви слабоустойчиво к увеличению органической и биогенной нагрузки, прежде всего фосфорной, поэтому для него весьма важным является нормирование антропогенной нагрузки для предотвращения ухудшения

кислородного режима. Зоопланктон озера типичен для карельских озер и представлен веслоногими ракообразными отрядов каланид - 4 и циклопид - 5, ветвистоусыми ракообразными – 13 и коловратками - 7. В составе донных биоценозов наблюдается 26 таксонов, в российской части отмечены: *Oligochaeta*, *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Amphipoda*, *Trichoptera*, *Ephemeroptera*, *Megaloptera*, *Hirudinea*, *Ostracoda*, *Ceratopogonidae*, *Chironomidae*. Доминирующий комплекс образован видами, типичными для олиготрофных озер – *Pelosclex ferox* (*Spirosperma ferox*), *Tanytarsus bathophilus*, *Monodiamesa bathyphila*, *Stictochironomus crassiforceps* (*S. rosenholdi*), *Procladius* sp., *Monoporeia affinis*, *Pisidium* sp. (Рябинкин и др., 1997). В озере обитают кумжа, сиг, щука, лещ, уклея, налим, окунь, ерш, обыкновенный подкаменщик, жерех, ряпушка, таймень, судак, плотва, подлещик, густера, язь, елец.



Рисунок 2.19. Озеро Пюхя-ярви (бассейн р. Вуокса, Лендерки)

Западная часть озера, расположенная на территории Финляндии, подвержена интенсивному антропогенному воздействию и активно эвтрофируется. В то время как восточная, российская часть, вследствие особого пограничного режима и почти полного отсутствия на ее водосборе хозяйственной деятельности, находится в естественном состоянии. На

территории РФ озеро не используется.

Оз. Большое Янисъярви (табл. 2.5, рис. 2.20) имеет котловину ледниково-тектонического генезиса, расположено в Сортавальском районе в юго-западной части республики Карелия. С 1915 г. сток из озера зарегулирован. Благодаря значительной глубине по своему термическому режиму озеро относится к холодноводным водоемам. Вода слабоминерализованная, гидрокарбонатно-сульфатно-карбонатного класса группы кальция. Согласно данным «Озера Карелии» (1959), летом прозрачность колеблется от 2.4 до 3 м. Цвет воды - темно-желтый со слабым красноватым оттенком. Активная реакция воды слабо кислая (рН 6.7-6.5). По содержанию кислорода гидрохимический режим озера удовлетворительный. Озеро мезогумусное, мезотрофное.



Рисунок 2.20. Озеро Янисъярви (бассейн Ладожского озера)

Высшая водная растительность развита слабо, заросли водных растений встречаются главным образом в небольших заливах. Общая площадь покрытия надводной частью макрофитов – 0.5 % водной поверхности. Преобладают тростник обыкновенный, камыш озерный, рдесты (пронзеннолистный, плавающий), изредка встречаются хвощ топяной, кубышка желтая, осоки, полушник озерный. В фитопланктоне доминирующее положение занимают диатомовые (*Melosira*, *Tabellaria*, *Fragilaria*, *Asterionella*) и сине-зеленые

(*Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*). Годовая продукция 24 г С/м². Озерный зоопланктон и качественно и количественно небогат; в его состав входит 16 форм ветвистых и 10 форм веслоногих ракообразных, 13 коловраток. Наиболее многочисленны босмины и дафнии. Донная фауна также количественно небогата и насчитывает 29 таксонов; она состоит главным образом из личинок водных насекомых, моллюсков, червей (олигохеты, нематоды и др.), а также ракообразных, в том числе реликтовых рачков (понтоторея, палласея и мизис). В озере обитают лосось, ряпушка, сиг, кумжа, корюшка, щука, плотва, язь, лещ, уклея, густера, елец, голянь, угорь, налим, судак, окунь, ерш.

Озеро незначительно видоизменено антропогенной деятельностью, важным этапом явилось зарегулирование уровня его воды.

Сандал (табл. 2.5, рис. 2.21) - озеро тектонического происхождения, расположенное в нижней части водосбора р. Суны, относится к бассейну р. Свири - Онежского озера. В настоящее время оз. Сандал - энергетическое водохранилище, которое служит источником водной энергии для Кондопожской ГЭС. В 1928 г., в связи с постройкой первой очереди ГЭС, р. Сандалка, вытекавшая из озера, была перегорожена дамбой. Сток воды был направлен через Нигозеро и искусственный канал к гидроэлектростанции. В 1936 г., с целью создания больших запасов воды, на р. Суне, выше водопада Гирвас, была построена плотина. В результате основная масса сунской воды стала поступать в Пальезеро, а затем по рекам Нивке и Тивдийке в оз. Сандал. Уровень воды Сандальского водохранилища был поднят на 1.5 - 2 м, часть прибрежной зоны оказалась залитой. Ранее самостоятельное озеро Габозеро стало заливом оз. Сандала. Ручей, вытекающий из Викшаламбы, превратился в пролив, соединяющий ламбу с водохранилищем. После строительства плотины на р. Суна приток вод в оз. Сандал был значительно увеличен за счет дополнительного стока по рекам Нива (Нивка) и Тивдейка, вытекающим из Пальезера, явившегося в связи с переброской стока приемником сунских вод. С поступлением сунских

вод водообмен оз. Сандал увеличился в три раза. Отток воды происходит через Нигозеро и канал к турбинам ГЭС, и далее в Кондопожскую губу Онежского озера. Уровень воды определяется в основном режимом работы Кондопожской ГЭС.

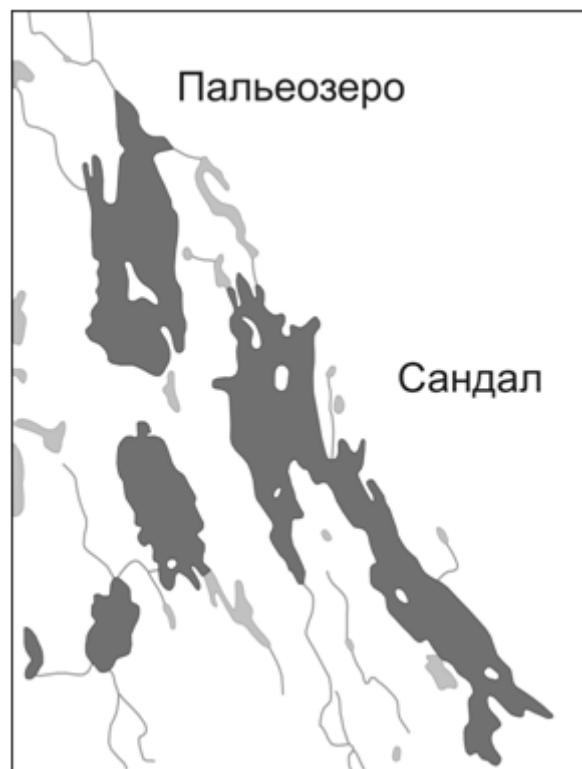


Рисунок 2.21. Озера Сандал и Пальезеро (бассейн р. Суна)

В естественном состоянии оз. Сандал было типичным холодноводным олиготрофным водоемом с достаточно прозрачной водой гидрокарбонатного класса группы кальция. Поступление сунской гуминовой воды резко изменило его гидрохимический режим. Прозрачность воды снизилась до 2.2—2.9 м, цвет воды стал темно-желтым. Из типично олиготрофного водоема оз. Сандал превратилось в гумифицированное водохранилище. Вместе с тем, вода Сандала продолжает характеризоваться достаточно высоким содержанием кислорода во всей толще воды как летом, так и зимой, и повышенным количеством свободной СО₂. Активная реакция воды близка к нейтральной, летом величина рН - 6.8—7.2, в конце зимы 6.5—6.9 (Озера Карелии, 2013).

Высшая водная растительность в оз. Сандал

развита слабо, она состоит преимущественно из тростника обыкновенного, встречаются рдесты (сплюснутый, пронзеннолистный, плавающий), уруть очередноцветковая, кубышка желтая, хвощ топяной. Водная флора представлена небольшими зарослями, расположенными в губах и заливах, и в виде редких зарослей в отдельных местах у берегов открытого озера. Наиболее значительные заросли высшей водной растительности, состоящие главным образом из тростника, имеются в южном конце озера. В сообществе фитопланктона 2 вида сине-зеленых, золотистых – 3, диатомовых – 12, желто-зеленых – 1, криптофитовых – 1, динофлагеллят – 2, эвгленид – 1, зеленых – 7. Средняя годовая продукция – 16 г С/м². В зоопланктоне насчитывается 11 коловраток, веслоногих ракообразных – каланид – 5, циклопид – 22, ветвистоусых – 64. До превращения в водохранилище донная фауна оз. Сандал была развита сравнительно слабо. Последствия, вызванные пропуском через Сандал гумифицированных вод р. Суны и, кроме того, регулярными подъемами и сбросами уровней воды, ухудшили условия существования биоты. Общим результатом этого явилось значительное сокращение донного населения, в частности понтопореи. В настоящее время из состава донной фауны в озере наиболее распространенными группами являются хирономиды, олигохеты (малощетинковые черви), пизидиум. Моллюски, кроме пизидиума, представлены лимнеей, планорбисом, вальватой и сфериумом. Из ракообразных встречаются реликтовые рачки — понтопорея и мизис, а также азелюс и остракоды. Из водных насекомых распространены ручейники, веснянки, поденки, гелеиды, жуки, личинки стрекоз. В оз. Сандал создались новые условия и для обитания рыб. Запасы некоторых видов снизились, изменилось соотношение между видами. В настоящее время в озере обитают: кумжа, ряпушка, сиг, хариус, корюшка, щука, плотва, голян, укляя, лещ, налим, окунь, судак, ерш, обыкновенный подкаменщик. Рыбопродуктивность – 5 кг/га.

Оз. Пальозеро (табл. 2.5, рис. 2.21) имеет котловину ледниково-тектонического проис-

хождения. Также находится в нижней части водосбора р. Суны. Озеро было зарегулировано в 1937 г. после строительства второй очереди Кондопожской ГЭС. В естественном состоянии Пальозеро было типичным холодноводным олиготрофным водоемом с достаточно прозрачной водой гидрокарбонатно-карбоксилатного класса группы кальция. Его гидрохимический режим, как и режим оз. Сандал, был существенно изменен после переброски в него гуминовых сунских вод. Повысилась цветность воды (цвет стал коричневым) и, соответственно, снизилась прозрачность (до 1.8 - 2 м). Озеро превратилось в мезогумозное. Величины рН составляют от 6.2 до 6.7 (Озера Карелии, 1959, 2013). Существенно возросло количество свободной углекислоты, как в поверхностных, так и в придонных слоях. Гидрохимический режим Пальозера приблизился к режиму Сундозера, через которое раньше протекала р. Суна.

Высшая водная растительность в Пальозере слабо выражена. Присутствуют рдесты (пронзеннолистный, блестящий), камыш озерный, тростник обыкновенный. В фитопланктоне представлены 5 видов золотистых, диатомовые – 9, динофлагелляты – 2, зеленые – 10. Годовая продукция 18 г С/м². В зоопланктоне определен 21 таксон, коловраток – 5, веслоногих ракообразных каланид – 4, циклопид – 3, ветвистоусых – 9. Донная фауна развита слабо как в качественном, так и в количественном отношении. Около 40 % биомассы составляют олигохеты (малощетинковые черви), около 1/3—хирономиды, около 20 %—моллюски. Средняя биомасса – 0.15 г/м². Превращение Пальозера в водохранилище вызвало вымирание некоторых реликтовых рачков, в частности понтопореи. Исключение составляет рачок мизис, сохранившийся в озере, но встречаемый очень редко. До поступления сунской воды Пальозеро было водоемом лососевопалейного типа. В нем обитали паляя, ряпушка, сиги, корюшка, хариус, щука, плотва, судак, голян, налим, окунь, ерш и подкаменщик. Изменение режима озера сказалось как на составе его ихтиофауны, так и на численности отдельных ее представителей. Резко сократилась численность корюшки, ряпушки и

сигов, которые прежде были главными промысловыми рыбами. Совершенно исчезла паляя - ее нерестилища оказались занесенными илом, сократилась численность сигов, ряпушки и корюшки. Появились ранее отсутствовавшие лещ, укля и елец. Рыбопродуктивность – 5 кг/га.

Наряду с изменениями, произошедшими из-за переброски стока, озеро ощущает некоторое негативное воздействие на экосистему от расположенного на его берегу поселка Гирвас, озеро служит приемником его коммунально-бытовых сточных вод.

2.2.6. Реакция озерных экосистем на антропогенную нагрузку

Республика Карелия и север Ленинградской области обладают достаточно развитой промышленной базой, в которой доминируют деревообрабатывающая отрасль и бумажная промышленность, металлургия и добыча полезных ископаемых.

Основную долю объема сточных вод региона дают крупные промышленные центры – Петрозаводск, Кондопога, Суоярви, Сегежа, Костомукша и Надвоицы, Приозерск. Среди основных предприятий-загрязнителей - *Суоярвская картонная фабрика, Сегежский целлюлозно-бумажный комбинат*, а также расположенный в г. Костомукша при крупнейшем месторождении железных руд производитель железорудного сырья - ОАО *«Карельский окатыш» (Костомукшский ГОК)* и промышленное предприятие цветной металлургии - *Надвоицкий алюминиевый завод*.

Кроме того, важнейшими загрязнителями на территории Карелии являются расположенный на берегу Кондопожской губы Онежского озера *Кондопожский целлюлозно-бумажный комбинат (ОАО Кондопога)*, находящийся на северном берегу Ладожского озера *Ляскельский бумажный завод*, расположенный на острове Пусунсаари Ладожского озера *Целлюлозный завод «Питкяранта»*, расположенный в г. Выборг комбинат *«Выборгская целлюлоза»*, а также многочисленные предприятия г. Петрозаводск. До 1986 г.

серьезным загрязнителем ладожских вод был *Приозерский ЦБК*, однако с целью улучшения экологической обстановки в регионе ЦБК был перепрофилирован в *Приозерский Мебельный Деревообрабатывающий комбинат (ПМДК)*.

По сравнению с кольскими, карельские озера испытывают существенно меньшую антропогенную нагрузку, однако целый ряд из них подвержены антропогенному воздействию в результате сброса коммунальных и промышленных стоков, а также стоков сельского хозяйства. Кроме того, многие озера региона испытывают на себе также и аэротехногенное загрязнение.

Промышленность, прежде всего целлюлозно-бумажная, является основным поставщиком различных загрязнителей в озера региона, на ее долю приходится около 60 % всех сточных вод, еще около 40 % дает коммунальное хозяйство. Максимальные объемы сточных вод сбрасывались в карельские водоемы во второй половине 1980-х гг. (только в водоемы Республики Карелия - до 310 млн. м³/год). К настоящему времени объем стоков несколько сократился, на уровень 2010 г. он составлял в Республике Карелия 213 млн. м³/год («Озера Карелии», 2013). Лишь около 5/6 поступающих в водоемы сточных вод проходят очистку, хоть и в недостаточной степени, тогда как 1/6 либо сбрасываются загрязненными, без очистки, либо считаются «нормативно чистыми».

Плохо очищенные сточные воды приводят к существенному изменению качества воды озер, в которые они поступают. Поскольку, в отличие от Мурманской области, большинство предприятий-загрязнителей Карелии и севера Ленинградской области - это предприятия целлюлозно-бумажной отрасли, большинство сточных вод относится к органоминеральным и биогенным загрязнителям. Таким образом, основные изменения, происходящие в карельских озерах, связаны с повышенным поступлением в них биогенных веществ. Резкий рост концентрации биогенов в воде приводит к процессам эвтрофирования водоемов, сопровождаемых значительными перестройками в их биологических сооб-

ществах. Эвтрофирование вызывает резкое возрастание процента сине-зеленых, бурный рост которых приводит к водорослевым расцветам, сопровождающимся резким снижением концентрации растворенного кислорода, что негативно сказывается на жизнедеятельности гидробионтов.

Химическое загрязнение карельских озерных вод происходит в меньшей степени, однако также наблюдается, прежде всего *на озерах Северного озерного края*, где расположены два основных локальных техногенных очага – Костомукша и Сегежа - Надвоицы. Суммарное количество вредных выбросов в атмосферу с основных предприятий данного региона – Костомукшского ГОК и Надвоицкого алюминиевого завода составляет около 120-140 тыс. т/год, основным компонентом выбросов является диоксид серы (более 60 %). Кроме того с Сегежского ЦБК в воды Выг-озера, на берегу которого он находится, ежегодно сбрасывается еще около 15 млн. тонн сточных вод. Сбросные воды Костомукшского хвостохранилища ОАО «Карельский окатыш» относятся к чисто минеральным загрязнителям.

Город Костомукша обязан своим происхождением разработке открытого еще в 1946 г. железорудного месторождения и строительству в начале 1970-х гг. на его базе горно-обогачительного комбината - Костомукшского ГОК (сегодня - ОАО «Карельский окатыш»). Освоение Костомукшского железорудного месторождения привело к формированию на восточном берегу озера Контотки крупного промышленного центра с населением более 30 тыс. человек. Костомукшский ГОК и созданное вокруг него поселение оказали сильное воздействие на озерно-речную систему *Кенти-Кенто*. После ввода в эксплуатацию ГОК в 1982 г. верхнее озеро системы (Костомукшское) было отгорожено плотиной и преобразовано в хвостохранилище. Одновременно с созданием хвостохранилища был построен юго-западный отводной канал, который вместе с оз. Окуновым стал верхним участком р. Кенти (рис. 2.22).



Рисунок 2.22. Система озер р. Кенти.
Источник Генкал, Чекрыжева, 2014

На водоемах р. Кенти сотрудники Института водных проблем Севера КарНЦ РАН проводят систематические исследования (Феоктистов и др., 1992, Влияние..., 1995, Современное состояние, 1998, Калинкина и др., 2003, Состояние... , 2007 и др.). До строительства Костомукшского комбината озера системы относились к слабо минерализованным водоемам (16-20 мг/л гидрокарбонатного класса группы кальция. С пуском комбината из хвостохранилища (бывшего оз. Костомукшского) в нижележащие водоемы стала поступать техногенная вода, являющаяся источником минерального загрязнения, что привело к существенному изменению химических показателей всех озер системы р. Кенти. В 1982–1993 гг. объем поступающих техногенных вод из хвостохранилища в озерно-речную систему составлял около 2 млн м³ в год. Начиная с 1994 г. и по настоящее время объемы поступления возросли до 9–22 млн м³ в год. Помимо вод хвостохранилища на озера системы негативное влияние оказывают рудничные (карьерные) воды, фильтрационные воды и воды отводных каналов.

Уже в течение первых десятилетий после

строительства Костомукшского комбината во всех озерах системы увеличилась минерализация воды (до 50-400 мг/л), возросло содержание калия, лития, нитратов и органического азота. Вода из гидрокарбонатного класса группы кальция перешла в сульфатный класс группы калия. В водах наиболее близко расположенного оз. Окунево сумма ионов к 1992 г. выросла в 10 раз, и достигла 215, а к 2000 г – 375 мг/л. В озерах, удаленных от источника загрязнения, сумма ионов возрастала не так быстро. Так, в воде оз. Койвас она увеличилась к 2000 г лишь до 129 мг/л. Уже с 1994 г. в воде озер системы Кенти-Кенто стали доминировать ионы калия, а также увеличилось содержание сульфатов.

Наряду с химическими изменениями, произошли изменения в сообществах гидробионтов. К 1984 г. уровень биомассы водорослей снизился втрое. В озерах было зафиксировано «цветение» воды, вызванное обильным развитием сине-зеленых, занявших доминантное положение в структуре фитопланктона. Наиболее интенсивное цветение отмечалось в оз. Окунево, где *Anabaena limmermannii* составляла 50 % общей биомассы. В последующие годы в озерах восстановилась доминирующая роль диатомовых. С 1989 г. в трех верхних озерах существенную роль стали играть представители золотистых, зеленых и сине-зеленых. В настоящее время в фитопланктоне озер наибольшее распространение имеют *Asterionella formosa*, *Aulacoseira distans*, *Cyclotella bodanica*, *Nitzschia acicularis*, *Tabellaria fenestrata*. Максимальное видовое разнообразие отмечено в озере Окунево, минимальное – в озере Костомукшском.

В зоопланктоне исследованных озер в 1992 г. доминировали виды, типичные для водоемов Карелии – *Daphnia cristata* Sars, *Thermocyclops oithonoides* Sars, *Eudiaptomus gracilis* Sars. Однако к 1996-1999 г. численность и биомасса этих видов стали снижаться. Так, в оз. Окунево численность зоопланктона в 1992 г. составляла 19.6 тыс. экз./м³, биомасса - 440 мг/м³, в 1999 они упали до - 0.6 тыс. экз./м³ и 27 мг/м³, соответственно. К 2001 г. показатели несколько улучшились до 4.5 тыс. экз./м³ и 165 мг/м³,

соответственно (Калинкина, Куликова, 2009). Количество видов снижалось по мере приближения к источнику загрязнения. Основной причиной гибели рачков оказалось резкое увеличение концентрации иона калия. В то же время количественные показатели зообентоса в озерах Окунево и Койвас возросли. Биомасса в оз. Окунево увеличилась за период с 1993 по 1999 г. с 1.0 до 1.76 г/м², в оз. Койвас – с 0.25 до 1.67 г/м³. Это произошло, главным образом, за счет увеличения в сообществах доли крупных моллюсков.

В расположенном на северном берегу **Выг-озера** (рис. 2.23) г. **Сегежа** с 1939 г. функционирует Целлюлозно-бумажный Комбинат (Сегежский ЦБК). Комбинат был построен в соответствии с Постановлением СНК СССР от 25 июля 1936 г. и изначально полностью решал проблему обеспечения растущей экономики Советского Союза тарой из крафт-бумаг. Однако со временем мощностей стало не хватать и в 1960-е гг. на комбинате была проведена крупная техническая реконструкция, существенно поднявшая производство. С поднятием производства увеличился и объем сбрасываемых сточных вод.

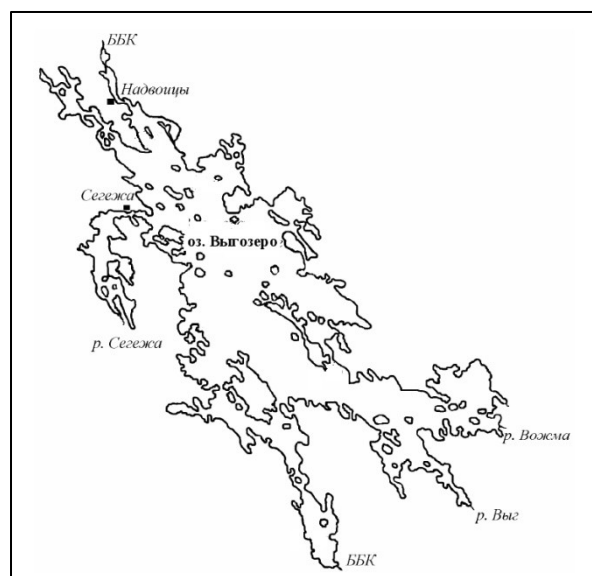


Рисунок 2.23. Оз. Выг-озеро. Источник: Березина и др., 2013

Многолетний сброс серо- и фосфатосодержащих сточных вод Сегежского ЦБК в воды северной части Выг-озера существенно отразился на качестве его воды. В озере

сформировался специфический состав вод и донных отложений. В зимний период, когда сточные воды аккумулировались в придонном слое воды, концентрация загрязняющих веществ (лигнина, фенолов, смоляных кислот, нефтепродуктов, СПАВ) в воде в 2-10 раз превышала природный фон. Запас минеральных и органических веществ в Северном Выг-озере увеличился на 30-40 %, а запас общего фосфора превысил фоновые показатели на 60-70 % (Лозовик, Сабылина, 1992). Нагрузка фенольными соединениями достигала 0.47 г/м² в год. В местах сбросов сточных вод численность бактериопланктона составляла 1.2 млн кл./мл, а биомасса - 44.6 мкг С/л. Эти величины в 1.5– 2 раза превышали содержание бактерий в других, более глубоководных участках водоема. Сброс неочищенных сточных вод, содержащих в своем составе большое количество органических веществ, определял доминирование в сообществах сапрофитных бактерий (Филимонова, 1978). Наблюдалось угнетающее действие высокотоксичных вод СЦБК на биоту. Показатели количественного развития планктонных и бентосных животных были не высоки, район выпуска сточных вод превращался в «мертвую зону». В целом в распределении на акватории планктонных и бентосных животных четко проявлялась зональность, связанная со степенью загрязненности среды (Филимонова, 1969; Соколова, 1978). В наиболее загрязненных участках происходило изменение структуры зоопланктона: исчезали менее устойчивые виды, в первую очередь, каланоиды, преобладали мелкие циклопы, ветвистоусые рачки (*Daphnia cristata*, *Bosmina longirostris*) и коловратки (*Kellicottia*, *Polyarthra*) (Куликова, 1978). В донных комплексах преобладали хирономиды, среди которых абсолютными доминантами были личинки рода *Procladius* (Соколова, 1978). Трофический статус экосистемы Выг-озера характеризовался как олиго-мезотрофный по большинству показателей.

Наибольшее загрязнение приходилось на конец 1960-х - начало 1970-х гг. В конце 1970-х гг. для улучшения экологической ситуации на озере, была построена станция биологической

очистки сточных вод ЦБК, вышедшая на проектные показатели к середине 1980-х. Строительство станции биологической очистки сточных вод позволило сократить загрязнение озера, содержание токсических веществ в воде снизилось до нормы, но биогенная нагрузка на водоем и уровень его загрязнения органическими веществами возросли, что ускорило его эвтрофирование (Теканова и др., 2011). Количественные и функциональные показатели развития фитопланктона выросли в 2–4 раза (Вислянская, Харкевич, 1985). Видовое разнообразие фитоценозов расширилось за счет возрастания роли видов - показателей повышения уровня трофии и органического загрязнения, прежде всего из состава сине-зеленых. Улучшение кормовой базы привело к 5–6-кратному росту обилия организмов зоопланктона и позже, по мере накопления органического вещества в илах, – макрозообентоса (Теканова и др., 2011).

Период 1980-х и начала 1990-х гг. характеризовался наибольшей фосфорной нагрузкой на водоем, приостановившейся с началом сокращения производства в 1990-е, связанного с кризисом. В конце 1990-х гг. с предприятия ЦБК в Выг-озере сбрасывалось 33.6 млн. м³ сточных вод. В этот период озеро по величинам первичной продукции планктона (85–582 мг С/м² сут.) и содержанию хлорофилла – «а» (от 0.2 до 3 мг/м³) характеризовалось как низкопродуктивный мезотрофный водоем (Современное состояние..., 1998). Численность бактерий, включая сапрофитные, оставалась достаточно высокой, хоть и сократилась в период снижения промышленного производства.

На сегодняшний день состояние озера улучшилось как по сравнению с 1960-70-ми, когда его северная часть испытывала значительное токсическое загрязнение, так и по сравнению с 1980-90-ми, когда наблюдался процесс быстрого эвтрофирования водоема. Значительная часть акватории Выг-озера по большинству параметров сейчас соответствует природному олиготрофному состоянию, северные районы оцениваются как мезотрофные, залив Лайкоручей - как умеренно эвтрофированный. Вода здесь наиболее

загрязнена органическим веществом, отмечено интенсивное развитие в воде грибковых форм и углеводородокисляющих бактерий, обусловленное близостью залива к г. Сегеже и возможному попаданию углеводородсодержащих веществ со стоками (Березина и др., 2013). В период зимней стагнации в отдельных районах Выг-озера (прежде всего в северных, наиболее загрязненных сточными водами) продолжает наблюдаться дефицит кислорода (Состояние..., 2007). В то же время в период открытой воды загрязненность северных участков стала значительно ниже, чем в 1980 - 90-е. В сообществе фитопланктона практически везде, включая северные районы, доминируют диатомовые, однако доля сине-зеленых и хлорококковых продолжает составлять до 30 % численности. По уровню биомассы летнего фитопланктона (до 6.5 мг/л) литораль Выгозерского водохранилища характеризуется мезотрофными условиями. Вместе с тем биомасса макрозообентоса (до 2.7 г/м²) и мейобентоса (до 0.3 г/м²) невысоки и типичны для большинства северных озер с низким уровнем трофии. В зоопланктонном сообществе отмечается снижение роли массовых видов – кладоцер (*Daphnia*), мелких циклопов (*Thermocyclops*, *Mesocyclops*), коловраток (особенно *Polyarthra*, *Keratella*, *Synchaeta*). Структура бентоценозов постепенно приобретает черты, свойственные естественному состоянию водоема: сокращается степень доминирования малощетинковых червей, лидирующее положение возвращается к хирономидам (Теканова и др., 2011).

Основным источником загрязнения водоемов **Южного озерного края** является целлюлозно-бумажная промышленность. Важнейшими загрязнителями поверхностных вод здесь являются предприятия городов Кондопоги и Питкяранты, пос. Ляскеля, а также г. Суоярви. Сточные воды Кондопожского целлюлозно-бумажного комбината поступают в Онежское озеро, а Ляскельского бумажного завода и Целлюлозного завода «Питкяранта» – в Ладожское. Раньше в Ладожское озеро поступали также стоки Приозерского ЦБК, однако с 1986 г. он преобразован в Приозерский Мебельный

Деревообрабатывающий комбинат. Загрязнение крупнейших озер - Ладожского и Онежского будет отдельно рассматриваться в посвященном этим озерам разделе 2.4. Таким образом, важнейшим загрязнителем на юге Карелии остается Суоярвская картонная фабрика, сбрасывающая свои стоки в оз. Суоярви.

Оз. Суоярви (площадь зеркала – 58.5 км², средняя глубина – 4.8 м, максимальная - 26 м) расположено в юго-западной части Карелии, в верхней части бассейна р. Шуи, притока Онежского озера. Город Суоярви находится у южной оконечности озера (рис. 2.24). Озеро пресное, слабо минерализованное, полигумозное, карбокислатно-гидрокарбонатно-сульфатного класса группы кальция. Гидрохимический режим озера своеобразен и характеризует этот водоем как дистрофный. Вода слабо-кислая, величины рН от 5.4 до 6.6. Прозрачность воды небольшая — от 0.8 до 1.5 м. Цвет воды коричневый, цветность по кобальто-платиновой шкале 40-90 град. Содержание растворенного кислорода летом в придонных горизонтах 7.3—9.5 мг/л, (70—97 % насыщения), в поверхностных горизонтах 8.4—9.5 мг/л (80—95 %). Зимой местами присутствует дефицит кислорода. Содержание железа 0.3—0.85 мг/л, неодинаково для отдельных участков озера. Содержание органических веществ значительно, но также варьирует по акватории. Перманганатная окисляемость от 12.8 до 20 мг О/л. Озеро мезотрофное.



Рисунок 2.24. Озеро Суоярви

Развитие водной растительности очень слабое, отдельные заросли встречаются главным образом в северной части озера, а также при впадении р. Каратсалми. Фитопланктон богат по видовому составу, согласно «Озера Карелии» (2013), в нем насчитывается 90 видов диатомовых водорослей, 42 зеленых, 12 золотистых, 11 сине-зеленых, 10 криптофитовых, по 2 желто-зеленых, динофлагеллятов и эвгленовых. Средняя годовая продукция 46 г С/м². Из рачкового зоопланктона преобладают клadoцеры (ветвистоусые). Наиболее характерными из ветвистоусых являются голопедиум и диафанозома; из коловраток — нотолька, аспланхна. Обычными элементами зоопланктона являются также из клadoцер — лептодора, полифемус, дафния и циклопы, повсюду встречается диаптомус. Донная фауна отличается бедностью и представлена обычными для озер Карелии группами. Средняя биомасса бентоса в июле составляла 5.3 кг/га при средней численности 2.27 млн. экз/га. Максимальная величина биомассы — 15.5 кг/га. Преобладающей группой являются хирономиды (более половины биомассы, и около 80 % по численности). Значительного развития достигают также мелкие двустворчатые моллюски — пизидиум и сфериум (около четверти биомассы).

Несмотря на поступление сточных вод Суоярвской картонной фабрики, озеро продолжает оставаться не сильно загрязненным и используется для товарного рыбоводства, а также служит источником водоснабжения г. Суоярви.

Наряду со стоками целлюлозно-бумажной промышленности озера юга Карелии страдают также от коммунальных стоков и стоков с расположенных здесь, хоть и в небольшом количестве, агропромышленных комплексов. Кроме того, в регионе проявляется и аэротехногенное загрязнение, связанное с выбросами в атмосферу диоксида серы и твердых веществ (Лозовик, Сабылина, 1992).

В последние годы содержание азота и фосфора в водах северного Приладожья имеет

тенденцию к увеличению, что может быть обусловлено созданием мелких фермерских хозяйств вблизи озер и рек, а также увеличением содержания соединений азота и фосфора в атмосферных осадках (Лозовик и др., 2007).

Среди исследованных озер Карельского перешейка значительная антропогенная нагрузка наблюдается на **оз. Вишневское** (рис. 2.25), на берегу которого находятся животноводческая ферма и сельскохозяйственные угодья, для освоения которых уровень воды озера в свое время был спущен на 1 м. Озеро Вишневское (площадь 10.5 км², глубина — 3 м) принадлежит бассейну р. Вуокса и образовалось в ложбине, по которой в прошлом стекали талые ледниковые воды. Вода озера желто-зеленого цвета, малопрозрачная. Водоем сильно зарастает, вдоль берегов тянутся заросли тростника, камыша и рогоза, которых временами сменяет кубышка и рдест. Согласно данным «Озера Карельского перешейка» (1971) и «Особенности формирования...» (1984), содержание общего фосфора в воде оз. Вишневское составляло 130 мкг/л, а азота — 2150 мкг/л. Для озера было характерно значительное превышение фоновых значений окисляемости воды, рН поднималось до 9.4.



Рисунок 2.25. Оз. Вишневское

Еще в 1920-х годах ширина полосы высшей

водной растительности, окаймляющей оз. Вишневоe, не превышала 30-50 м, в результате эвтрофирования к концу XX в. в некоторых местах она увеличилась до 200—300 метров. В фитопланктонном сообществе озера уже на протяжении многих десятилетий наблюдается значительное развитие сине-зеленых, приводящее в течение всего летне-осеннего периода к «цветению» воды. Общая биомасса фитопланктона в период открытой воды составляет от 2.2 до 54 г/м³. Содержание хлорофилла «а» достигает 241 мкг/л. Если в естественных условиях большинство озер региона характеризовались как олиго- или мезотрофные, то в результате значительного загрязнения оз. Вишневоe перешло в разряд гипертрофных водоемов. В естественных условиях рыбное население водоема не отличалось большим разнообразием видов, но было многочисленным и достигало хорошего веса. В связи с антропогенным эвтрофированием на озере участились заморы, приводящие к гибели многих видов рыб. Исчезли налимы, не доживают до больших размеров плотва, окунь, щука. Сохранились наиболее приспособленные к новым условиям ерши, плотва, мелкий окунь.

Одним из важнейших видов антропогенного вмешательства в водоемы Карелии также явилось гидротехническое строительство, сопровождаемое зарегулированием уровня ряда озер, в том числе и большинства наиболее крупных. При небольшом повышении уровня озерная экосистема чаще всего испытывает лишь небольшой начальный стресс, периодически сказывающийся на определенных этапах ее биоты. При этом происходящие изменения зависят часто от системы регулирования стока в озере-водохранилище, в которое превращается водоем. Так частые изменения уровня обычно препятствуют развитию водной растительности, что в свою очередь несет изменение в бентосных сообществах литорали. Однако чаще всего озера сохраняют большую часть своих природных характеристик. При значительном изменении уровня воздействие на экосистему обычно существенно больше, заливаются

значительные прибрежные территории, часто принося в воду дополнительную биогенную нагрузку, в том числе за счет достаточно долго разлагающейся древесины. Однако еще большее влияние на озерную экосистему могут оказывать переброски стока, периодически сопровождающие зарегулирование. Ярким примером таких изменений могут служить большие озера юга Карелии – Сандал и Пальозеро. С целью создания больших запасов воды на р. Суне, выше водопада Гирвас, в 1936 г. была построена плотина. В результате основная масса сунской воды стала поступать в Пальозеро, а затем по рекам Нивке и Тивдийке в оз. Сандал. Поступление сунской гуминовой воды резко изменило гидрохимический режим обоих озер и отразилось на составе их биоты (более подробно было приведено в разделе 2.2.5).

Кроме того, на качестве карельских вод периодически сказываются и часто проводимые в бассейнах карельских озер мелиоративные предприятия, сопровождаемые значительными сбросами дренажных вод, содержащих дополнительное количество взвешенных и органических веществ, железа, макрокомпонентов, фосфора. В результате таких мероприятий может происходить повышение цветности воды, увеличение содержания железа, фосфора, а также заиливание нерестилищ. Так, согласно данным «Поверхностные воды...» (1991), на оз. Исопюхярви, в бассейне которого была проведена лесная мелиорация, содержание железа увеличилось в несколько раз, органического вещества - в 2 раза, повысились величина рН, минерализация воды и трофность водоема.

Важнейшей опасностью загрязнения поверхностных вод Карелии является аэротехногенное загрязнение, тем более, что регион характеризуется выходами обедненных основаниями кислых пород, и, соответственно, низкой буферной емкостью. В результате такое загрязнение может приводить к значительному закислению озерной воды. С середины 1980-х годов на озерах Карелии проводятся исследования закисления поверхностных вод, включающие наблюдения за атмосферными выпадениями. Выяснено, что атмосферные

осадки, выпадающие на территории Карелии, постоянно кислые (средняя величина рН – 4.8). Они представляют потенциальную опасность как источник закисления и загрязнения поверхностных вод, поскольку содержат около 90 % серы техногенного происхождения. Однако влияние аэротехногенного загрязнения на озера Карелии несопоставимо ниже, чем на озера Кольского полуострова, где оно усиливается близостью источников крупных выбросов в виде предприятий горнодобывающей и обогатительной промышленности. Согласно И.Ю. Потаповой, П.А. Лозовику (2006), буферная емкость для щелочностных вод с невысокой цветностью меньше щелочности и кислотонейтрализующей способности. Для высокогумусных вод показатель буферной емкости превышает щелочность, но меньше показателя кислотонейтрализующей способности. Буферная емкость природных вод растет как с увеличением щелочности, так и гумусности воды. Для кислых гумусных вод существенен вклад в буферную емкость свободных ионов водорода.

В заключение необходимо отметить, что загрязненность карельских вод значительно ниже, чем кольских, где важнейшим фактором загрязнения выступает активное развитие в регионе горнодобывающей промышленности. Основным источником загрязнения карельских озер служат предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, сточные воды которых относятся к органоминеральным и биогенным загрязнителям и, прежде всего, приводят к усилению антропогенного эвтрофирования водоемов. Вместе с тем, необходимо учитывать, что карельские воды в целом характеризуются невысокой самоочистительной способностью и низкой буферной емкостью, поскольку регион сложен обедненными основаниями кислыми породами. Они сильно уязвимы к кислотному загрязнению в случае возможного активного развития здесь промышленного производства.

В настоящее время существенное загрязнение испытывают крупнейшие озера региона, в том числе и самые крупные - Ладожское и Онежское. Однако огромные массы воды, сосредоточенные в их котловинах, позволяют

им сохранять приемлемое качество воды по большей части акватории и повышают их очистительный потенциал. Более подробно качество воды Ладожского и Онежского озер рассматривается в разделе 2.4.

[К содержанию](#)