

2. ОЗЕРА, СОЗДАНИЕ ЛЕДНИКОВЫМ ВЫПАХИВАНИЕМ. НАСЛЕДИЕ ВАЛДАЙСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ. СЕВЕРО-ЗАПАД ЕТР.

Европейская территория России характеризуется крайне неравномерным распределением озер по ее территории. Значительная часть водоемов, в том числе наиболее крупные, расположена на ее северо-западе и обязана своим происхождением последнему четвертичному оледенению (валдайскому), в период которого данная территория была покрыта ледниковым панцирем, максимальная мощность которого составляла около 3 км. Ледник сошел лишь около 10 000 лет назад. Площадь оледенения в пределах РФ на юге ограничивалась Валдайской возвышенностью, а на востоке заходила чуть далее Архангельска. Граница проходила по линии Смоленск – Осташков – по Валдайской возвышенности – к Рыбинскому вдхр. — оз. Кубенское — г. Вельск — вдоль р. Вага – вдоль западной и северо-западной окраин Двинско-Мезенской возв. – к нижнему течению р. Мезень (рис. 2.1). Данная граница отделяет озерно-моренные ландшафты чрезвычайно свежей сохранности от моренных ландшафтов, подвергшихся значительной переработке.

В геологическом отношении большая часть территории РФ, оказавшаяся под последним четвертичным оледенением, относится к Балтийскому кристаллическому щиту, окраинные части ледника покрывали также северо-западную часть Русской плиты.

Балтийским щитом называют выступ докембрийского фундамента на северо-западе Восточно-Европейской платформы. В строении щита выделяются три крупных геоблока – восточный (Кольско-Карельский), центральный (Свеко-феннский) и западный (Южно-Скандинавский). На территории Российской Федерации расположен восточный - Кольско-Карельский геоблок, в южном и юго-восточном направлении его метаморфические породы погружаются под чехол осадочных пород, покрывающих Русскую плиту.

В строении Кольско-Карельского геоблока Балтийского щита в свою очередь выделяются несколько крупных блоков северо-западной

ориентировки - Мурманский, Центрально-Кольский, Беломорский и Карельский, разделенные крупными разломами. Первые два блока практически полностью расположены на территории Мурманской области, Карельский – на территории Республики Карелия, и лишь Беломорский блок охватывает оба субъекта федерации.

Определенные различия в строении этих блоков, а также климатические различия, сказывающиеся на формировании морфоскульптур, позволяют разделить Кольско-Карельский геоблок Балтийского кристаллического щита на два самостоятельных сегмента - Кольский и Карельский. Поскольку формирование и дальнейшее функционирование озерных экосистем в наибольшей степени зависит от геологии и климата, данное разделение при рассмотрении вопросов лимнологии представляется наиболее оправданным.



Границы оледенения

1 — — — — —	Днепровско-Самаровское	3 — — — — —	Валдайское
2 — — — — —	Московско-Тазовское	4 ·········	Окское

Южные границы подземного оледенения

5 — — — — — в эпоху Валдайского оледенения

Рисунок 2.1. Четвертичные оледенения на территории ЕТР (по Атласу СССР, 1983)

Кольский сегмент включает Кольский полуостров и часть материка, к которой он примыкает. С определенной долей условности его границы можно считать совпадающими с границами Мурманской области. Во всяком случае, такое проведение границ позволило бы облегчить описание, поскольку региональное изучение озер чаще всего происходит с учетом административного деления территории. Кроме того, любые количественные оценки (число озер, площадь покрытия, ресурсы) также обычно проводятся в границах административных единиц. Занимая северную часть Кольско-Карельского геоблока, Кольский сегмент характеризуется более суровыми климатическими условиями, отражающимися на процессах, происходящих в озерах. Почти вся его территория расположена выше северного полярного круга. Озерам, расположенным на Кольском сегменте Балтийского щита, посвящен раздел 2.1.

Карельский сегмент включает Республику Карелию, кроме того, к нему должна быть отнесена северная часть Ленинградской области – так называемый Карельский перешеек. Озера Карельского сегмента характеризуется рядом общих черт, сразу за пределами Балтийского щита происходит резкое снижение коэффициента озерности, что в еще большей степени подтверждает необходимость их выделения в единый самостоятельный регион. Озерам, расположенным на Карельском сегменте Балтийского щита, посвящен раздел 2.2.

Самостоятельным регионом является также и затронутая валдайским оледенением северо-западная часть Русской плиты. Данный регион включает в себя большую часть Ленинградской, Псковскую, Новгородскую области, северо-западные части Тверской и Смоленской областей, западные части Вологодской и Архангельской областей. Кроме того, сюда же отнесена и Калининградская область, расположенная отдельно, но также оказавшаяся под последним ледниковым покровом, хоть ледник начал отступать с ее территории несколько раньше. Озерам северо-запада Русской плиты посвящен раздел 2.3.

В широкой полосе у края ледника ведущую роль в формировании рельефа играли талые

воды и приледниковые водоемы. Там, где ледник в процессе своего движения на юг достигал обширных понижений, обеспечивающих отток талых вод от его тела, у края ледника формировались обширные зандровые (флювиогляциальные) равнины. Там, где сток был затруднен, возникали приледниковые водоемы или обходные ложбины стока талых вод, которые постепенно соединялись в крупные эрозионные понижения, наследующие погребенные речные долины. Территории, занятые озерами, сформировавшимися за пределами валдайского оледенения и возникшими благодаря стекающим сюда приледниковым водам, будут рассмотрены в главе 3.

2.1. Озера, образовавшиеся в пределах Кольского сегмента Балтийского кристаллического щита

2.1.1. Физико-географическая характеристика региона

Кольский сегмент Балтийского кристаллического щита расположен на севере Европейской части России и включает в себя территорию Кольского полуострова и примыкающую к нему материковую часть Мурманской области. С определенной степенью условности территорию данного региона можно приравнять к территории Мурманской области.

Кольский полуостров имеет площадь около 100 тыс. км² или около 70 % от площади Мурманской области, в состав которой он входит (рис. 2.2). На севере Кольский полуостров омывается водами Баренцева, на юге и востоке — Белого моря, его западная граница определена по меридиональной впадине, которая проходит от Кольского залива по реке Кола, озеру Имандра, реке Нива до Кандалакшского залива. На западе Кольский полуостров примыкает к материковой части Мурманской области, в состав которой входят также полуострова Рыбачий и Средний, острова Айновские, Великий, Кильдин, Семь островов. Большая часть рассматриваемого региона расположена за Северным полярным кругом.



Рисунок 2.2. Карта Кольского полуострова и примыкающей материковой части РФ (в границах Мурманской области)

Кольский сегмент является северо-восточной окраиной Балтийского щита, в основании которого залегает кристаллический фундамент, представленный сильно метаморфизированными породами архейского и протерозойского возраста. Рельеф региона достаточно сложен, он формировался последние 35 млн. лет под воздействием как эндогенных, так и экзогенных процессов. К эндогенным процессам относятся неотектонические движения, приведшие к образованию глыбовых гор и тектонических впадин. Среди многочисленных экзогенных процессов наибольшее влияние имели ледниковая эрозия и морские трансгрессии. Огромную роль в формировании рельефа сыграли дизъюнктивные дислокации (разломы), густой сетью покрывающие весь полуостров и определяющие направление эрозионных процессов (Великорецкая, 1974).

Основной фон рельефа региона создают пологие возвышенности, среди которых на Кольском полуострове самой протяженной является расположенная вдоль всего побережья Баренцева моря возвышенность Кейвы, а на континенте – пограничная с Финляндией возвышенность Манселькя. Возвышенности перемежаются с озерными впадинами, прорезаются речными долинами, в их пределах воздымаются невысокие горы, гряды и холмы. На Кольском полуострове это расположенные в его центральной части средне- и низкогорные массивы Хибинских,

Ловозерских, Кандалакшских, Колвицких, Иолгских и Панских тундр. Этот средне- и низкогорный пояс является главным водоразделом между Баренцевым и Белым морями; расходящиеся в разные стороны от него русла рек приурочены к разломам, образовавшимся в результате дизъюнктивной тектоники. Вдоль всего побережья Белого моря преобладают низменные равнины, на поверхности которых хорошо развиты ступенеобразные морские террасы.

В четвертичный период большую роль в формировании рельефа региона сыграло покровное оледенение. Деятельность ледников видоизменила дочетвертичный денудационно-тектонический рельеф, оставив повсеместно неоднородный по мощности покров морены и водно-ледниковых отложений. При движении ледник своей массой выработывал понижения в рельефе, которые при его таянии давали начало озерам. Также в наследие от ледника в равнинной части региона остались многочисленные друмлины, озы, камы и гряды. Наиболее протяженная полоса ледниковых гряд, носящих общее название Терские Кейвы, на сотни километров протягивается от болот Терской низины вдоль всего побережья Белого моря.

От рельефа Кольского полуострова и материковой части Мурманской области отличается рельеф полуостровов Рыбачий, Средний и острова Кильдин. Они представляют собой выровненные, с отдельными вершинами плато, круто, местами в виде отвесных скал, обрывающиеся в море.

Вся территория Кольского сегмента кристаллического щита находится в зоне распространения арктическо-умеренного морского климата с продолжительной, холодной зимой и коротким прохладным летом. Для рассматриваемого региона, занимающего крайнее северное положение, климат довольно мягкий, что в значительной мере определяется воздействием Гольфстрима, в результате тепляющего влияния которого часть Баренцева моря не замерзает. Однако вариации климата по территории существенны. Благодаря влиянию окружающих морей зимой

температуры вблизи побережья значительно выше, чем средние, характерные для данной широты местности, по мере отдаления от берега они быстро падают. Летом влияние морей, напротив, - охлаждающее. На северном побережье Кольского полуострова средняя температура января составляет минус 13-14 °С, а июля - плюс 13-14 °С. В центре и на юге полуострова в зимние месяцы морозы могут достигать минус 40-50 °С, зато лето здесь суше и теплее.

Зима - самый продолжительный сезон в регионе, длится более шести месяцев, с октября по апрель. Безморозный период наиболее длинен (около 120 дней) в узкой прибрежной полосе; по мере удаления от моря он укорачивается до 60 дней. На вершинах Хибинского горного массива отсутствие отрицательных температур наблюдается лишь около 40 дней в году. Лето (период с температурой выше 10 °С) наступает по территории в разные сроки, в зависимости от удаленности от моря. Длится оно приблизительно два – два с половиной месяца, с середины июня до середины (конца) августа. От заморозков свободен только июль, но не каждый год. При таких климатических условиях на большей части территории за теплый период года промерзшие за зиму почвы и грунты успевают полностью оттаять. Характерная для данных широт вечная мерзлота встречается только отдельными пятнами в тундровом поясе гор, а также в торфяных болотах восточнее реки Воронья и к северо-востоку от озера Имандра. Общая площадь вечномерзлых пород не превышает 15 % территории региона.

Кольский сегмент кристаллического щита расположен в зоне избыточного увлажнения. За год здесь выпадает от 400 до 1000 мм осадков, менее всего (400 мм) - на севере, более всего (600-700, до 1000 мм) - в Хибинских и Ловозерских тундрах. Наибольшее количество осадков приходится на летние и осенние месяцы. Значительная часть осадков в холодное время года выпадает в виде снега. Устойчивый снежный покров лежит от 180 до 220 дней. Климатические особенности региона обуславливают размещение на его

территории трех природных зон – тундры, лесотундры и северной тайги.

2.1.2. Происхождение озер и их распределение по территории

Геологическое строение, история, рельеф, а также достаточно низкое испарение на территории Кольского сегмента кристаллического щита крайне благоприятны для образования здесь огромного количества озер. По их количеству занимающая данную территорию Мурманская область является одним из наиболее озерных субъектов федерации в пределах ЕТР (уступая лишь Ненецкому авт. округу), хоть площадь большей части водоемов очень небольшая. Поэтому по коэффициенту озерности она уступает расположенной южнее Карелии, характеризующейся наличием большого количества крупных озер.

Впервые данные по численности озер Мурманской области и их площади были обобщены в «Каталоге озер Мурманской области» (1962), а затем рассчитаны ГГИ в рамках кадастровых работ по всей территории СССР (Доманицкий и др., 1971). Согласно этим оценкам, в северной части области (бассейн Баренцева моря) по данным Каталога насчитывается 74 463, по расчетам Доманицкого и др. – 69 076 водоема, а в южной части (бассейн Белого моря) - 32 683 и 42 306 водоемов, соответственно. В основе обеих оценок лежали картографические данные. Общее количество водоемов, согласно Каталогу, оценивается в 107 146, согласно А.П. Доманицкому и др. - в 111 609, а их суммарная площадь – в 8 195 и 9 227 км², соответственно. В том числе ~43 % суммарной площади приходится на озера площадью менее 10 км²; ~22 % — от 10 до 100 км²; и ~35 % — свыше 100 км².

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, а также включала результаты расчетов площади и количества малых и средних водоемов, осуществленных с

использованием возможностей программы «Google – Планета Земля». Согласно проведенной оценке на территории Мурманской области насчитывается около 117 000 водоемов (включая водоемы искусственного происхождения) суммарной площадью 11 072 км². Новая оценка количества водоемов и площади покрытия осуществлялась отдельно для водоемов различных категорий крупности и генезиса (естественные и искусственные). В результате было обнаружено, что лишь около 30 % от всех водоемов имеют площадь, превышающую 1 га, то есть формально относятся к категории «озера». Около 70 %

водоемов характеризуются меньшими площадями (табл. 2.1), при этом почти все они имеют естественное происхождение и чаще всего их также считают озерами. При работе над «Каталогом озер Мурманской области» (1962) и в работе Доманицкого и др. (1971) учитывались все дешифрируемые на крупномасштабных картах того времени водоемы, при этом площадь каждого не вычислялась, однако было принято считать, что она превышает 1 га. Как показывают данные нашей новой оценки, водоемы дешифрировались и при меньшей площади.

Таблица 2.1. Распределение водоемов Мурманской области (включая искусственного происхождения) по градациям площадей

Градация площади, км ²	>100	50-100	10-50	5-10	1-5	0.2-1	0.01-0.2	<0.01
Количество водоемов	8	9	69	125	984	2280	28000	85000
Площадь водного покрытия, км ²	3582	666	1378	855	1972	1165	1253	201

Итак, согласно последней оценке ИНОЗ РАН, в Мурманской области находится около 32 000 озер площадью более 1 га, в том числе более 20 га – 4040, а более 1 км² - 1190. Более 85 000 дешифрируемых водоемов имеют площади до 1 га. Общая площадь водного покрытия области составляет 11 072 км², в том числе естественными водоемами – около 10 300 кв². Общие ресурсы лимнических вод – около 63.5 км³. Доля естественных водоемов составляет более 99.8 %. Среди водных объектов, преобразованных в связи с антропогенной деятельностью, особое место занимают водохранилища. Большинство водохранилищ Мурманской области озерного типа, они создавались в результате подпора уровня на крупнейших озерах, и их правильнее называть озерами-водохранилищами. Доля водохранилищ руслового типа мала. Несмотря на то, что общее количество крупных водохранилищ (более 5 км²) составляет немногим более 15, их суммарная площадь достигает 3 200 км². Основное их назначение – обеспечение работы гидроэлектростанций.

Средняя озерность для Мурманской области с

учетом площади озер-водохранилищ составляет 8.1 %. Практически вся ее территория покрыта густой сетью озер, менее озерными являются лишь верхние части возвышенностей Кейвы (Кольский полуостров) и Манселька (материковая часть). Наибольшая величина озерности отмечается на западе, в гористой части материка, примыкающей к Кольскому полуострову.

Большинство озер рассматриваемого региона обязаны своим происхождением последнему (валдайскому) оледенению, такие озера делятся на ледниково-тектонические и собственно ледниковые. Ледниково-тектоническое происхождение имеют наиболее крупные водоемы (Имандра, Умбозеро, Ловозеро и др.), их котловины образованы в трещинах и сбросах твердокаменных пород и имеют характерную ориентировку – вытянутость вдоль основных разломов земной коры. Нередко такие озера располагаются цепочками и соединены между собой короткими порожистыми водотоками. В период четвертичного оледенения их котловины были в значительной степени переформированы эрозионной деятельностью ледника.

Среди озер ледникового происхождения значительное распространение имеют запрудные, образованные за счет преграждения мореной русел ледникового стока. Котловины таких озер обычно имеют вытянутую форму и глубины до 4–6 м. Наиболее многочисленны небольшие мелководные озера ледникового происхождения, лежащие в округлых уплощенных котловинах, часто сильно заболоченные. Озера ледникового происхождения типичны и для горных массивов (Хибинские, и Ловозерские тундры), чаще всего они располагаются в цирках, карах или в глубоких долинах. Большинство горных озер относятся к водоемам плотинного типа (возникшим в результате завалов речных долин), но встречаются и провальные котловины (образовавшиеся при оседании поверхностных пород в подземные полости). Многие водоемы ледникового происхождения имеют площади менее 1 га.

Определенное распространение на рассматриваемой территории имеют также речные, старичные и болотные озера, разбросанные среди обширных болотных массивов. Среди последних особенно велика доля водоемов площадью до 1 га. В районах распространения вечной мерзлоты, отдельными пятнами расположенной в тундровом поясе гор, а также в торфяных болотах восточнее реки Воронья и к северо-востоку от озера Имандра, встречаются термокарстовые озера, также характеризующиеся малыми площадями.

В северной части Кандалакшского залива, в Кандалакшских и Колвицких тундрах и по Терскому берегу располагаются озера, обычно связанные с речными системами: Канозеро, Вялозеро, Сергозеро, Бабозеро и др. В северной и западной частях Кольского полуострова значительные по размерам водоемы (Ловозеро, Енозеро, Колозеро, Чудзьявр и др.) имеются в бассейнах рек Тулома, Кола, Воронья, Харловка и Варзина.

В весенне-летний период за счет снеготаяния в рассматриваемом регионе возникает большое количество небольших временных озер, занимающих многочисленные понижения рельефа.

Самым крупным озером рассматриваемого

региона является Имандра с площадью водного зеркала 812 км². Озеро расположено в ледниково-тектонической котловине в юго-западной части Кольского полуострова, на его границе с примыкающей к полуострову материковой частью Мурманской области. С созданием в 1952 на р. Нива одноименной ГЭС-1 озеро Имандра стало водохранилищем многолетнего регулирования. Среди других крупных озер региона, площадь зеркала которых превышает 100 км², необходимо назвать Умбозеро (самое глубокое на полуострове), Ловозеро (превратилось в озеро-водохранилище после сооружения Серебрянской ГЭС на р. Воронья), Ковдозеро (вошло в состав Ковдозерского вдхр.), Колвицкое и Вялозеро, их морфометрические характеристики представлены в таблице 2.2. К водоемам Мурманской области, площадь которых превышает 50 км², относятся также озера Енозеро, Сергозеро, Канозеро, Нотозеро, Колозеро, Чудзьявр, Верхнее Ондомозеро, Толванд. Площадь водного зеркала от 10 до 50 км² имеют Бабозеро, Мончезеро, Чилиявр, Лявозеро, Воуватус-ярви (на границе с Норвегией), Каложное, Нижнее Ондомозеро, Вадозеро, Мунозеро, Песочное, Бабье, Бабозеро, Пермус-озеро, Сальмиярви (на границе с Норвегией), Инцьявр, Ефимозеро, Хутоярв, Чунозеро, Ингозеро, Пончозеро, Нижнее Чалмозеро, Алла-Аккаярви, Верхнее Волчье, Клистер-ванн, Гирвас-ярв, Куэтс-ярви, Нильярв, Урдозеро, Паий-Аккьяур, Вуэннияур, Кохозеро, Сымбозеро, Спиридон, Колмозеро, Кядел-ярв, Пинозеро, Хихнаярви, Поросозеро, Нижне-Каменское, Кацким-озеро, Пуарентьявр, Няльмозеро, Чурозеро, Кумужья-Салма, Верхнее Чалмозеро, Ала-Няаннамьярви, Кумжозеро, Пиедс-яур, Шуонн-яур, Кахозеро, Качманьявр, Пяйве-ярв, Сейдозеро, Индель, Суэльявр, Длинное, Ловно, Канентьявр, а также Сенное, Визиярви, Серьяк, Кунд-озеро, Верхние Кичаны, Ориярви, Суш-озеро, расположенные на юго-западном побережье Кандалакшского залива.

Как уже указывалось, в Мурманской области располагаются крупные водохранилища, при строительстве которых были использованы естественные резервуары. Как результат -

многие крупнейшие озера области благодаря гидростроительству оказались включены в состав водохранилищ. К таким водохранилищам относятся: Имандра, ставшая водохранилищем Нивского каскада; Верхнетуломское водохранилище (включающее Нотозеро), Ковдозерское (Ковдозеро), Пиренгское

(Верхнее и Нижнее Пиренгские озера), Толванд, Иовское. Ряд водохранилищ построен при подпоре плотиной речных русел и затоплении речных долин – Верхнесеребрянское, Нижнетуломское, Верхнетериберское, Нижнесеребрянское.

Таблица 2.2. Наиболее крупные озера Кольского сегмента Балтийского щита

Озеро	Площадь зеркала, км ²	Максимальная глубина, м	Средняя глубина, м	Объем водной массы, км ³	Высота над уровнем моря, м
Имандра	812	67	13.3	10.8	127
Умбозеро	313	115	15	4.7	151
Ковдозеро (вошло в состав Ковдозерского вдхр.)	294 (608)	56	11	3.2	37
Ловозеро	208	35	5.7	1.18	153
Колвицкое	121	20	12	1.45	61
Вялозеро	100	20	7.7	0.77	121

2.1.3. Лимнологическая изученность

Исследования Кольских озер были начаты еще в XIX веке, однако в этот период они ограничивались лишь единичными описаниями и выяснением видового состава флоры и фауны наиболее доступных озер. Сборы биологических материалов производились путешественниками-натуралистами во время коротких остановок (Яковлев, Кашулин, 2012). Среди первых исследователей, опубликовавших материалы по ряду озер Кольского полуострова и Русской Лапландии, могут быть названы William Nylander и Per Teodor Cleve (1891), чья книга «The diatoms of Finland» была посвящена изучению диатомей в оз. Имандра и в ряде других водоемов. Первой работой, посвященной непосредственно изучению фитопланктона оз. Имандра, является статья J. Richard (1889), составленная по результатам альгологических исследований, собранных французским натуралистом M. Rabot. Результаты исследований водорослей в Умбозере опубликованы в работах E.K. Hirn (1895) и K. Levander (1905). Из российских ученых исследованием сине-зеленых водорослей Кольских озер в начале 1900-х годов занимался

А.А. Еленкин. В тот же период изучению оз. Могильного на о-ве Кильдин посвятил свою работу Б.Л. Исаченко (1914). Совместная работа Арнольди и М. Алексеенко (1915) содержит сведения о фитопланктоне оз. Имандра и Пулозера. В.М. Рылов подробно описал фауну веслоногих и ветвистоусых оз. Имандра .

Исследование северных озер продолжилось и после революции, с началом организации экспедиций центральных научных учреждений страны, направленных на изучение ресурсного потенциала внутренних водоемов Кольского полуострова в связи с планами его промышленного освоения. Наряду с гидрологическими и гидрохимическими исследованиями водоемов проводились гидробиологические работы, со временем также добавилось изучение биопродукционных характеристик. Экспедиционные работы проводились преимущественно в летний период и носили спорадический характер.

В 1924 г. первое научное учреждение, созданное на Севере - Мурманская биологическая станция, приступила к комплексным исследованиям озер региона. Ее деятельность началась с организации первой экспедиции на

оз. Имандра, включающей небольшой географический отряд (Рихтер, 1934). На обследование озера направилась группа в составе Г.М. Крепса, Ф.Е. Белова, Ф.В. Крогиус и М.Н. Михайлова. В дальнейшем, в 1925 году под руководством Г.Д. Рихтера была проведена съемка акватории озера, выполнены морфометрические и батиметрические работы (Рихтер, 1926), проведены гидрологические (Рихтер, 1934) и биологические исследования (Крогиус, 1926). В результате работ 1926 и 1928 г. была составлена карта глубин озера.

С конца 1920-х гг. начинается активное освоение ресурсов Кольского полуострова. В 1930 г. происходит строительство первой апатито-нефелиновой обогатительной фабрики на берегу оз. Большой Вудъявр, а в 1935 г. на берегу оз. Имандра (губа Монче) разворачивается строительство медно-никелевого предприятия. Активное промышленное строительство еще более усилило интерес к озерам региона. В 1930 г. на озерах Имандра и Умбозеро начали работать экспедиции Колонизационного отдела Мурманской железной дороги и Ленинградского ихтиологического института, уделявшие особое внимание изучению гидробиологии водоемов. В 1931 г. на озерах работали Кольская комплексная экспедиция АН СССР и экспедиция Государственного гидрологического института (Крохин, Семенович, 1940, Паллон, 1940, Семенович, 1940, Шапошников, 1940, Вельтищев, 1940). Экспедиция Ленинградского областного гидрометеорологического управления, прибывшая на Кольский полуостров в 1931 г., расширила область исследований, ею было проведено комплексное обследование в районе Ловозера, а в дальнейшем (1933 г.) исследование озера Монче- и Волчьей тундр (Зинова, Нагель, 1935). Кроме того, примерно в этот же период Кольским альгологическим отрядом Главного ботанического сада изучался растительный мир водных объектов (Воронихин, 1935, Косинская, 1935). Экспедиция Геоморфологического института (Полонский, 1934) занималась изучением систематического состава и количественного развития диатомовых водорослей в водоемах, а также вопросами формирования диатомовых илов.

Первые работы, посвященные санитарному состоянию озера региона, были проведены сотрудниками 2-го Ленинградского Медицинского института (Моисеев, 1937, Каныгина, 1940). Они касались изучения природных условий озера Большой и Малый Вудъявр и содержали сведения о влиянии на них загрязненных сточных вод апатито-нефелинового производства, а также коммунальных стоков г. Кировск, возникшего здесь одновременно со строительством рудника и обогатительной фабрики.

По результатам многочисленных комплексных работ, проведенных на полуострове в 30-е годы, Кольской базой АН СССР в 1940 г. был подготовлен сборник «Материалы к изучению вод Кольского полуострова», однако его изданию помешала Великая Отечественная война.

После войны научный интерес к изучению озера Кольского полуострова возродился уже только к середине 1950-х. В 1956-57 гг. отделом гидрологии и гидроэнергетики Кольского филиала АН СССР была организована экспедиция на Умбозеро, выполнившая комплекс батиметрических, гидрологических, гидрохимических и гидробиологических работ в его южной части. В 1959-1963 гг. в целях оценки возможностей рыбохозяйственного и промышленного использования озера сотрудниками Государственного научно-исследовательского института озерного и речного хозяйства (ГосНИОРХ) и Полярного научно-исследовательского института рыбного хозяйства (ПИНРО) было произведено обследование оз. Имандра, Пиренгских озер, Охтозера, Умбозера, Канозера и трех озер, вошедших в систему Ковдозерского водохранилища. Результаты работ были опубликованы в книге «Рыбы Мурманской области» (1966). В книге давалось комплексное описание водных объектов региона, особое внимание уделялось вопросам кормовой базы рыб, состава ихтиофауны, а также вопросам искусственного разведения и акклиматизации.

В 1967-1970 гг. интерес к озерам Кольского полуострова был проявлен сотрудниками

Института озероведения АН СССР. Особое внимание специалистов-лимнологов было уделено изучению влияния на функционирование водоемов процессов, происходящих на водосборе, и определению в этой связи роли различных ландшафтов. Как результат, было увеличено количество объектов исследования, изучение озер проводилось в трех различных ландшафтных зонах: на севере - в лесотундре, на юге - в северотаежном ландшафте и в горном районе - в Ловозерских тундрах. Всего было обследовано 21 озеро, работы проводились также и на крупнейших озерах - Имандре и Ловозере. Результаты исследований ИНОЗ РАН были изложены в двухтомном сборнике «Озера различных ландшафтов Кольского полуострова», т. 1 и т. 2, 1974. В книге «Большие озера Кольского полуострова» (1976) было представлено лимнологическое описание четырех озер - Вялозера, Ловозера, Сейд-озера и Имандры. Наряду с подробной физико-географической и климатической характеристикой водосборных бассейнов озер, приводятся результаты гидрологических, термических, гидрохимических и гидробиологических наблюдений на озерах. В 1970-1971 гг. на территории каменистой тундры побережья Баренцева моря на небольших по площади озерах Зеленецком и Акулькино работала экспедиция Зоологического института АН СССР. Результаты ее исследований опубликованы в монографии «Биологическая продуктивность северных озер», ч. 1 и ч. 2, 1975.

В конце 1960-х - начале 1970-х годов значительное внимание было уделено и изучению реликтового озера Могильного, расположенного на о-ве Кильдин. Оз. Могильное - это уникальный водоем морского происхождения, характеризующийся ясно выраженной вертикальной стратификацией водной толщи по минерализации и другим параметрам. В его поверхностных слоях развивается пресноводный комплекс гидробионтов, а у дна - типично морской. Комплексные исследования озера, включающие топографические, геофизические, гидрологические, гидро- и геохимические, а также геологические работы проводились сотрудниками Мурманского морского биологического инсти-

тута Кольского филиала АН СССР совместно с другими научными учреждениями страны. Особое внимание было уделено экологии кильдинской трески. Результатом исследований явилась монография под ред. В.И. Гуревича «Реликтовое озеро Могильное» (1975).

К середине 1970-х - началу 1980-х годов значительный антропогенный стресс, крайне негативно сказавшийся на качестве воды, был отмечен на многих, в том числе и крупнейших озерах СССР. В результате вопросам антропогенной нагрузки и изучению антропогенных преобразований водных экосистем стало уделяться особое внимание, в том числе и при изучении водоемов, расположенных в пределах Мурманской области - региона, характеризующегося высоким уровнем промышленного развития, особенно добывающих отраслей. При этом, наряду с изучением вопросов функционирования озерных экосистем и их реакции на различные виды воздействия, остро встал вопрос о разработке должных мер по охране озер.

С 1978 г. исследования на водоемах области начала проводить созданная Кольским Филиалом АН СССР лаборатория охраны природы. Одним из направлений исследований стало изучение антропогенных преобразований водных экосистем, в том числе структуры и функционирования сообществ организмов в условиях интенсивного антропогенного воздействия. В изданиях лаборатории содержатся обширные сведения об экосистемах водоемов, подвергающихся загрязнению многочисленными добывающими и обогащательными предприятиями, материалы токсикологических исследований, о влиянии сбросных подогретых вод Кольской АЭС, коммунально-бытовых сточных вод, зарегулировании уровня воды, лесосплава и других отрицательных факторах. Среди работ лаборатории необходимо назвать сборники: «Состояние природной среды Кольского Севера и прогноз ее изменения» (Крючков, 1982); «Мониторинг природной среды Кольского Севера» (1984); «Структура и функции наземных и водных экосистем Севера в условиях антропогенного воздействия» (Никонов и др., 1990); а также ряд монографий - Крючков и др.

(1985), Моисеенко, Яковлев (1990) и многие другие. В 1989 г. на базе лаборатории был создан Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН.

В конце 1990-х гг. вновь возобновился интерес к экологии оз. Могильное, только с 1997 по 2000 г. на нем работало 7 экспедиций. Были проведены комплексные гидрологические и гидрохимические исследования, изучены химико-биологические процессы, протекающие в озере. Подробнейшим образом изучалась кильдинская треска, ее паразиты и основной пищевой объект - бокоплав *Gammarus locusta*. Впервые было уделено внимание загрязнению озера токсичными веществами, в том числе аэротехногенными загрязнителями. Результаты этих работ опубликованы в монографии под редакцией В.Д. Бойцова и соавторов «Реликтовое озеро Могильное» (2002). Исследования озера происходили и в последующие годы, в них участвовали сотрудники Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (Мурманск), Института общей генетики им. Н. И. Вавилова Российской академии наук (Москва), Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Изучался уровень стабильности в озере, также в очередной раз особым объектом исследования являлась уникальная кильдинская треска (Строганова и др., 2013).

В 1990-2000-е гг. сотрудниками Института проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН (ИППЭС КНЦ РАН) были продолжены работы, направленные на изучение антропогенных преобразований водных экосистем Севера. Несмотря на длительные лимнологические исследования региона, степень изученности его многочисленных озер пока остается относительно небольшой и ограничивается несколькими сотнями. С целью расширения информации по озерам региона, под эгидой ИППЭС КНЦ РАН вышли экологические каталоги озер Кольского полуострова (Кашулин и др., 2008, Кашулин и др., 2009). В каталогах наряду с общим количеством озер представлены данные по лимнологии водоемов северо-западной и

восточной части полуострова (бассейн Баренцева моря), а также водных систем Хибинского горного массива Мурманской области. В последние десятилетия были получены интересные данные о видовом составе и структуре водорослевых сообществ Кольского Севера (Каган, Денисов, 2002; Шаров, 2004; Денисов, Кашулин, 2007; Денисов, 2007; 2009; 2010; Кашулин и др., 2008; 2009). К настоящему времени обобщены и систематизированы данные о состоянии водорослей планктона и перифитона водоемов различных ландшафтов Кольского полуострова, собраны и обобщены данные по изменению зоопланктона и бентосной фауны (Яковлев, 2005, Кашулин и др., 2009). Активно изучается рыбное сообщество (Моисеенко, Яковлев, 1990; Аршаница, 1991, Лукин, 1995, 1998; Моисеенко, 1997, Кашулин и др., 1999, Муравейко и др., 2000, Калюжин, 2003; Карамушко, Берестовский 2005 и др.). Значительный вклад в исследования поверхностных вод и донных отложений внесли работы Моисеенко и др. (1996, 1997, 1998, 2002); Даувальтер (1995, 1997, 1998, 2000, 2002); Лукин и др. (2000); Кашулин и др. (2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012); Kashulin et al. (2008) и др. Реализуемый ИППЭС КНЦ РАН комплексный подход к исследованию водоемов позволяет получить объективное представление о процессах трансформации пресноводных экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов, что, в свою очередь, крайне необходимо для научного обоснования нормирования техногенных нагрузок, позволяющего улучшить экологическую ситуацию в озерах региона.

2.1.4. Особенности функционирования озерных экосистем в естественных условиях

Комплексная изученность ряда озер Кольского сегмента кристаллического щита, расположенных в различных ландшафтах, дает возможность дать общую лимническую характеристику региона, а также оценить закономерности изменения озерных экосистем под влиянием техногенного воздействия. Наличие множества природно-ландшафтных комплексов

сов со своим рельефом и микроклиматом обуславливает многообразие водоемов, различающихся по гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям. Озера различных ландшафтов имеют специфические черты в формировании химического состава воды, характере образования органического вещества и уровне биологической жизни. Различия ландшафтных условий определяют особенности структуры и количественного развития зоопланктона и донной фауны озер. Однако есть и ряд общих черт, характерных для большинства Кольских озер, позволяющих объединить их в единый регион. Так, в естественных условиях характерной чертой большинства озер региона является холодноводность, низкая минерализация (за исключением ряда прибрежных водоемов), пониженные значения рН, достаточно высокая прозрачность воды (небольшая доля озер с малой прозрачностью) и низкая биологическая продуктивность. Большинство озер региона в естественных условиях относятся к олиготрофному и ультраолиготрофному типу и характеризуются низкой сапробностью (принадлежат к лимносაპრობной категории). Фауна и флора таких водоемов представлена, прежде всего, холодолюбивыми, а также широко распространенными эвритопными формами.

Холодноводность водоемов определяется расположением региона в высоких широтах, где в течение года преобладают отрицательные температуры, а летний период очень короткий. В то же время, благодаря такому расположению озера отличаются достаточно высокой скоростью прогревания водной толщи, связанной с круглосуточным поступлением солнечной радиации в течение июня и июля. Максимальный прогрев озер региона приходится на начало августа. Однако, уже в октябре на значительной части Кольского полуострова и примыкающей к нему материковой территории Мурманской области среднемесячные температуры опускаются ниже 0°C и на многих водоемах образуется постоянный ледяной покров. Холодноводность озер в значительной степени определяет их низкую биологическую продуктивность.

В основе рассматриваемого региона лежит

Балтийский кристаллический щит, сложенный изверженными или метаморфическими кислыми породами, местами выходящими на поверхность или перекрытыми тонким слоем осадочных отложений. Почвенный покров характеризуется слабой мощностью и представлен тундровыми, болотными, подзолистыми, глеево-подзолистыми, реже дерновыми, подзолисто-болотными и дерново-подзолистыми почвами, обычно кислыми, бедными основаниями и биогенными элементами. На этом фоне большинство водоемов характеризуется слабоминерализованными водами с пониженными значениями рН, активная реакция воды чаще всего олигоацидно-нейтральная и олигоацидная. Кроме того, озера легко подвержены и процессам искусственного закисления (ацидификации), происходящим в связи с выпадением так называемых «кислых дождей». Низкие значения рН (олигоацидная реакция) характерны для болотных массивов, где источниками дополнительных ионов водорода выступают органические кислоты.

Гидрохимический режим большинства Кольских озер формируется за счет прямого растворения и выщелачивания горных пород и почв. В природных условиях минерализация воды в озерах изменяется преимущественно от 4 до 40 мг/л, только озера, непосредственно связанные с морем, имеют минерализацию более 1 г/л. Большая часть находящихся здесь пресных озер относится к гидрокарбонатному классу (группа натрия), лишь на побережье Баренцева моря встречаются озера хлоридного класса (группа натрия). Для озер характерно преимущественно среднее насыщение поверхностных слоев воды кислородом в летние месяцы (70-85 %); перенасыщение (>100 %) наблюдается в одной трети тундровых озер и вызывается преимущественно кислородным гистерезисом (запаздыванием), в меньшей степени - фотосинтезом (Китаев, 1984). Для большинства тундровых озер свойственна низкая перманганатная и бихроматная окисляемость.

В естественных условиях большинство озер региона характеризуется низкой биологической продуктивностью, в значительной

степени определяемой северным положением водоемов. Облик альгофлоры отличается доминированием в планктоне и перифитоне диатомовых, зеленых (из которых массовыми являются десмидиевые) и золотистых водорослей. Это типично олиготрофные и ультраолиготрофные сообщества, в которых абсолютное большинство видов развивается в условиях низкой минерализации (Кашулин и др., 1984). Водоемы, расположенные ближе к побережью Баренцева моря, часто обладают более высоким трофическим статусом (Денисов, 2010).

Согласно литературным данным «Большие озера...» (1975) и Ю.С. Решетников (1980), зоопланктон северных озер насчитывает около 40 форм (коловратки, кладоцеры и копеподы), из которых большинство относится к эвритропным и массовым, но есть и виды, характерные только для северных и альпийских водоемов. В сообществе зоопланктона присутствуют эврибионтные формы, характерные для Северного полушария; элементы арктической фауны (*Heterocope borealis*, *Daphnia arctica*, *Bosmina obtusirostris* v. *arctica*); морские реликты (*Limnocalanus macrurus*, *Eurytemora lacustris*); элементы байкальской фауны (*Eudiaptomus tibetanus*). Основу зообентоса региона, насчитывающего около 500 видов, составляют виды европейского, европейско-сибирского и палеарктического распространения, при небольшой доли космополитов (11 видов) (Яковлев, 2005).

Согласно С.П. Китаеву (1984), наибольшая средняя биомасса зоопланктона наблюдается в озерах с показателем условного водообмена от 1 до 2, а наибольшая биомасса бентоса и суммарная биомасса зоопланктона и бентоса — в озерах с показателем условного водообмена от 8 до 16. С увеличением показателя условного водообмена до 16 и более, все показатели биомассы уменьшаются. Кроме того, наблюдается рост биомассы бентоса в водоемах с высоким коэффициентом относительной прозрачности (1-2). Средние показатели биомассы бентоса в олигогумусных озерах полуострова, согласно С.П. Китаеву (1984), составляют для тундровой зоны 5.1, а для зоны северной тайги — 5.7 г/м². С

увеличением гумусности средние показатели биомассы бентоса увеличиваются в тундровых озерах до 6.4 г/м². С ростом содержания кислорода в воде увеличивается биомасса зоопланктона на единицу площади с 2.3 г/м² (при 70—85 % насыщения) до 6.6 г/м² (при 100- 115 % насыщения).

Ихтиофауна водоемов рассматриваемого региона характеризуется доминированием в составе сообществ представителей стенобионтных лососевых и сиговых рыб. Достаточно широко распространены окуневые, щуковые, а в бассейнах крупных речных систем — также и колюшковые. По различным оценкам, в состав ихтиофауны Северной Фенноскандии могут входить 28 видов и подвидов пресноводных, проходных, полупроходных, морских и соло-новатоводных рыб (Атлас..., 2003; Калюжин, 2003; Карамушко, Берестовский, 2005).

Согласно лимнологическим исследованиям, проведенным в регионе различными институтами и организациями, описанным в разделе 1.1.3, в пределах Кольского сегмента кристаллического щита могут быть выделены несколько подрегионов, характеризующихся своими особенностями лимногенеза:

- северо-восток Кольского полуострова, занятый преимущественно тундровой и лесотундровой растительностью;
- юг Кольского полуострова, находящийся под северной тайгой;
- центральная часть, где наряду с северо-таежными ландшафтами присутствуют горные территории, характеризующиеся пестротой ландшафтов на небольшой площади.

Северо-восточный и южный подрегион наименее подвержены антропогенному воздействию и в большей мере сохранили свое естественное состояние, хотя и здесь проявляется аэротехногенное влияние.

В **северо-восточном подрегионе** преобладают коренные породы гранито-гнейсовых формаций и примитивные тундровые почвы с разной степенью оподзоленности, южнее распространены болотные почвы. К этому подрегиону приурочены озера с наиболее

низким содержанием основных катионов. Здесь для природных вод типичен следующий порядок распределения главных ионов: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$; $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. В озерах, расположенных вблизи Баренцева моря, этот порядок несколько меняется: $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$; $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Общая минерализация в озерах снижается от 40 мг/л на побережье Баренцева моря до 4-5 мг/л во внутренних районах, расположенных в 100 км от побережья («Аннотированный экологический ...», ч.1, 2010). В озерах озерно-речной системы Канентъявр-Колгиявр (40 км от побережья моря) минерализация составляет 11-17 мг/л («Озера различных...», ч. 2, 1974). Для большинства озер характерна олигоацидно-нейтральная и олигоацидная реакция воды, среди обследованных на северо-востоке озер значения рН менее 6 наблюдалось

у 1/3 водоемов.

Содержание биогенных элементов и органического вещества в озерах рассматриваемого подрегиона невелико, хоть и изменяется в широких пределах. Как правило, оно увеличивается по направлению на восток, к заболоченной тундре и лесотундре, а также с севера на юг - от зоны тундры к лесотундре и тайге и связано с развитием лесных и болотных почв на водосборах. В табл. 2.3 приведены данные по ряду показателей, представленные в работе Моисеенко (2007). При наличии высокого содержания органического вещества и биогенных элементов малые озера этих районов обычно относят к дистрофному типу, они могут достигать 50-70 % от общего числа озер подрегиона.

Таблица 2.3. Содержание биогенных веществ в озерах северо-восточной части Кольского полуострова

	малые озера северо-восточных районов	озера восточной тундры	озера юго-восточных районов
Перманганатная окисляемость, мг О/л	1.7-30 (5.6)	1.6-46 (12.9)	0.8-42 (8.4)
Общий фосфор, мкг/л	1-53 (6)	1-216 (10)	2-77 (7)
Общий азот, мкг/л	46-831 (155)	65-1032 (246)	73-1037 (229)

Гидробиологических исследований многочисленных малых озер рассматриваемого подрегиона проведено недостаточно. Для многих водоемов сложно выделить общие черты, характеризующие видовой состав, так как даже в двух соседних водоемах часто наблюдаются резкие отличия в структуре сообществ. В большинстве водоемов по численности и биомассе доминируют диатомовые водоросли, а по видовому разнообразию – зеленые. Согласно Д.Б. Денисову (2010), доля диатомовых водорослей увеличивается в зависимости от размера (водности) озера за счет обильного развития центральных диатомовых. В планктоне тундровых и лесотундровых озер часто встречаются золотистые водоросли рода *Dinobryon*. Биомасса водорослей не превышает 0.01-0.13

мг/л, а величина первичной продукции - 0.05-0.17 мг О/л в сутки у поверхности. Близ моря в водорослевом сообществе повышается количество мезогалобов - солоноватоводных видов, обитающих в воде с соленостью 5-20 ‰ и олигогалобов-галофилов - пресноводных видов, способных жить при солености до 5 ‰ (Денисов, 2010).

Для озер подрегиона характерен обедненный и однородный состав зоопланктона, в котором преобладает ротаторно-копеподный комплекс. В ряде небольших обследованных озер насчитывалось всего по несколько десятков видов, в более крупных – до 100 и более. Руководящий комплекс составляют холодно-водные формы. Биомасса зоопланктона по данным исследований (Биологическая продуктивность ..., 1975) составляла 0.005-0.5 мг/л.

Сообщество зообентоса также отличается относительно низким таксономическим разнообразием. В большинстве исследованных озер количественно преобладали личинки хирономид п/сем. *Chironomini*, их численность могла достигать 60-70 % от общей численности бентоса и 30-60 % от его биомассы. В обследованных озерах встречались 2 реликтовых вида ракообразных - мизида *Mysis relicta* и бокоплав *Pontoporeis affinis*. Общая численность бентоса составляла 120-760 экз./м², а общая биомасса – 0.8-3.7 г/м² (Озера различных ландшафтов, 1974).

На северо-востоке Кольского полуострова наиболее подробно было изучено **оз Сейдозеро** (Большие озера Кольского полуострова, 1976), занимающее впадину коренного рельефа в центральной части Ловозерского горного массива. Его водосборная площадь расположена в лесотундровой зоне с высотами до 1120 м. Берега озера в основном высокие, каменистые. Водные массы подвержены значительному перемешиванию, чему способствуют удлиненная форма водоема и господствующие ветра, направленные вдоль его большой оси. Это определяет хорошее насыщение водной массы кислородом. Вода озера слабо минерализована (17-19 мг/л), гидрокарбонатного класса с резко выраженным натриевым типом. На формирование ее ионного состава наряду с водами снежников оказывают влияние подземные воды, залегающие среди кристаллических пород. Обеспеченность биогенными элементами низкая, но на порядок выше, чем для большинства озер лесотундровой и тундровой зоны. Содержание общего фосфора согласно данным исследований (Большие озера Кольского полуострова, 1976) составляло 35-72 (54) мкг/л, общего азота – 175-195 (185) мкг/л. Перманганатная окисляемость не превышала 0.9-2.6 мг О/л. Более высокое содержание биогенных элементов способствовало более высоким биопродукционным показателям. Фитопланктон был в основном представлен диатомовыми водорослями, его средняя биомасса составляла 0.2-0.3 мг/л, суточная первичная продукция в поверхностном слое – 0.16-0.21 мг О/л. Биомасса зоопланктона благодаря присут-

ствию крупных рачков (*Daphnia longispina*, *Cyclops strenuus*, *Bosmina obtusirostris* и др.) была довольно высокая - 1.4 мг/л. Наблюдалось преобладание в планктоне инфузории *Ophrydium crassicaule*. Сравнительно высокое содержание органического вещества в донных отложениях (потеря при прокаливании 20-26 %) определяло довольно высокую численность и биомассу бентоса – соответственно 1200 экз./м² и 3.5 г/м². Для бентоса было характерно преобладание пелофильных форм хирономид и обилие хищников в их составе.

Особенностью северо-восточного и восточного районов Кольского полуострова является наличие крупных озерно-речных систем, имеющих статус лососевых. Здесь встречаются лосось, семга, кумжа, голец, сиги, ряпушка и др. Ихтиофауна малых озер плохо изучена, можно предположить, что она более скудная (Озера различных..., ч.2, 1974, Яковлев, 2005, «Аннотированный...», ч.1, 2010).

Другим подрегионом **Кольского полуострова**, не подвергающемуся значительному антропогенному воздействию, является его **южная часть**, относящаяся к области накопления рыхлых ледниковых и озерно-ледниковых отложений, покрытых северной тайгой (Озера различных..., ч.2, 1974). Специфика структуры северотаежного ландшафта состоит в автономности озерных водосборов, преобладании урочищ моренных равнин и болот, с которых осуществляется сток в озера. Северотаежные озера более глубокие, чем тундровые и лесотундровые. Средняя их глубина изменяется в пределах 4-6 м, максимальная – 14-18 м. Многочисленные небольшие озера - ламбины практически не имеют водосборных площадей и питаются в основном атмосферными и частично болотными водами.

Небольшие размеры, слабая водообменность, незначительные показатели открытости озер ограничивают развитие в них процессов динамического перемешивания водных масс, поэтому в летнее время в водоемах часто наблюдается термическая стратификация. Стратификация может снижать насыщение водных масс кислородом в придонном слое до

65-70 %. Обладая автономностью водосборных бассейнов, озера имеют свои гидрохимические особенности, что выражается в более широких пределах их изменений. Минерализация озерных вод подрегиона варьирует в пределах от 12 до 28 мг/л. В анионном составе, как и в северо-восточном подрегионе, наблюдается доминирование гидрокарбонатных ионов, среди катионов прослеживается почти равнозначное содержание ионов натрия и кальция. Для ламбин характерна предельно низкая минерализация воды (3-9 мг/л), сульфатно-натриевый состав и кислая (олигоацидная) реакция среды (рН – 3.5-5.9). Согласно данным, опубликованным в работе «Озера различных..., ч.2» (1974), прозрачность воды исследованных озер подрегиона колеблется от 1.8 до 4.5 м, озера характеризуются низким содержанием органического вещества и бедны биогенными элементами. Перманганатная окисляемость воды по данным исследований составляла 3.1-7.8 мг О/л, в некоторых ламбинах она достигала 11.9 мг О/л.

Различия условий на частных водосборах приводят к формированию озер с различными биологическими показателями. Согласно опубликованным материалам исследований (Озера различных..., ч.2, 1974), в ряде озер доминировали диатомовые или диатомовые и сине-зеленые, в других – пиррофитовые и сине-зеленые водоросли. Средняя биомасса фитопланктона колебалась в пределах от 0.14 до 2.00 мг/л, а суточная величина первичной продукции на поверхности – от 0.18 до 0.78 мг О/л. Соответственно трофический статус исследованных озер изменялся от олиготрофного до мезотрофного. Согласно Н.А. Кашулину и др. (2012), в водоемах северо-таежных природно-ландшафтных комплексов в составе альгоценозов присутствовал ацидофильный комплекс видов (предпочитающий рН <7.0), как результат влияния болотного подкисления и присутствия гуминовых кислот в воде.

Видовой состав зоопланктона в озерах подрегиона также существенно различался: в одних озерах господствовал копепоидно-ротаторный комплекс, в других доминировали ветвистоусые рачки. Средняя биомасса

зоопланктона составляла 0.7-2.2 мг/л, в составе зообентоса доминировали хирономиды, хотя важную роль также играли моллюски при подчиненном значении олигохет. Численность и биомасса бентоса изменялась от озера к озеру в широких пределах – от 590 до 1860 экз./м² и от 1.2 до 6.6 г/м², соответственно. По всем биологическим параметрам северотаежные озера были богаче северных и северо-восточных озер.

В *центральной части Кольского полуострова*, где основное распространение имеют северотаежные ландшафты, перемежающиеся с горными лесотундровыми и тундровыми, разнообразие озер наиболее велико. Кроме того, именно здесь сконцентрированы основные промышленные предприятия полуострова, в значительной степени модифицировавшие природные озерные экосистемы. Поэтому начиная с 1930-х годов различия в экосистемах водоемов данного подрегиона стали определяться не только природными причинами, но и типом и степенью антропогенного воздействия, как результата развития горно-перерабатывающего комплекса предприятий апатитовой промышленности и строительства городов (Денисов и др., 2009). Более подробно водоемы центральной части полуострова будут рассматриваться в разделе 1.1.6 (Реакция озерных экосистем на антропогенную нагрузку).

В водах центральной части полуострова видовой состав и структура сообществ водорослей специфичны для каждого озера, что свидетельствует о широком спектре условий для их развития. Согласно публикациям Д.Б. Денисова (2010), в большинстве водоемов доминировали диатомовые, однако были обнаружены и водоемы с доминированием зеленых водорослей, что не типично для субарктических водных экосистем. Значительную долю (до 1/3) составляли представители золотистых водорослей и желто-зеленых водорослей. В видовом отношении горные водоемы Хибин характеризовались значительным многообразием. В водоемах, испытывающих воздействие антропогенных факторов, средние значения численности,

биомассы и содержания хлорофиллов в фитопланктоне в несколько раз превышали фоновые показатели. Особенно высокие значения были отмечены для оз. Ковдор. Катастрофического снижения видового разнообразия чаще всего не наблюдалось (более подробно в разделе 1.1.6).

2.1.5. Большие озера

Как уже указывалось в разделе 1.1.3 (лимнологическая изученность), наиболее подробно на территории региона исследованы большие озера. В данном разделе мы более подробно остановимся на естественном состоянии озер с площадью зеркала более 100 км². На Кольском полуострове таких озер пять и еще одно находится на материковой части Мурманской области.

Одним из первых озер Кольского полуострова, привлечших внимание специалистов-лимнологов, явилось *оз. Имандра*, многолетние наблюдения на котором проводились еще с середины 20-х годов XX века. Оз. Имандра имеет котловину ледниково-тектонического происхождения и расположено в депрессии, отделяющей Кольский полуостров от материковой части Мурманской области. Озеро характеризуется сложной лопастной формой, множеством заливов, далеко вдающихся в сушу. Оно состоит как бы из трех частей: северная Большая или Хибинская Имандра мелким Иокостравским проливом соединена с Центральной Иокостравской Имандрой и Западная Бабинская Имандра, соединенная с Центральной коротким проливом Широкая Салма. Глубины оз. Имандра достаточно быстро возрастают и часто на расстоянии 250-300 м от берега достигают 10-12 м, литораль выражена слабо, лишь в северной и южной части озера она несколько шире. По западному берегу в оз. Имандра впадает много рек, образующих сложные озерно-речные системы. Из Иокостравской Имандры берет начало р. Нива, впадающая в Кандалакшский залив Белого моря. С созданием в 1952 г. ГЭС на р. Нива (сейчас это каскад ГЭС) оз. Имандра стало водохранилищем многолетнего регулирования. Это привело к значительным колеба-

ниям в нем уровня воды, и только после ввода в 1974 г. Кольской АЭС сработка уровня воды каскадом более не превышает 1.5 м (Моисеенко и др., 2002).

Согласно данным наиболее ранних исследований (Г.Д. Рихтер, 1926, 1934, Ф.В. Крогиус, 1926, Н.Н. Семенович, 1940 и др.), в естественном состоянии озеро Имандра отличалось низкой минерализацией (20-30 мг/л) и относилось к гидрокарбонатно-натриевому типу. Доминирующую роль в снабжении воды катионами натрия, кальция и магния играли процессы химического выветривания силикатов и алюмосиликатов, а калием – нефелиновые сиениты. Активная реакция среды характеризовалась как олигоацидо-нейтральная, величина рН колебалась в пределах 6.4-7.2. По содержанию биогенных элементов озеро характеризовалось как олиготрофное, насыщение воды кислородом было высоким и даже у дна не снижалось ниже 60-80 %. Перманганатная окисляемость составляла 3-5 мг О/л, прозрачность воды достигала 6.5-11 м.

К настоящему времени в результате многолетней работы на побережье озера медно-никелевого предприятия его экологическое состояние значительно изменилось. Существенно повысилась минерализация воды озера, изменился ее ионный состав, на части акватории водоема вода теперь относится к сульфатно-натриевому типу. Снизилась прозрачность воды, в зимний период периодически местами стал отмечаться дефицит кислорода. В ряде регионов существенно повысилось содержание биогенных веществ, вызвавшее процессы антропогенного эвтрофирования водоема и повлекшее за собой перестройку его биологического сообщества. Более подробно современное экологическое состояние озера будет рассмотрено в разделе 1.1.6.

Вторым по площади и первым по глубине озером Кольского полуострова является *оз. Умбозеро*, расположенное к востоку от Хибинского массива, его северная, сравнительно узкая часть, лежит между Хибинским и Ловозерским массивами. Также как и оз. Имандра, Умбозеро занимает котловину ледниково-тектонического происхождения. Из

Умбозера вытекает р. Умба, впадающая в Белое море. В естественных (природных) условиях гидрохимический фон озера отличался низкой минерализацией (менее 15-20 мг/л), по соотношению главных ионов вода относилась к гидрокарбонатно-натриевому типу. По сравнению с другими крупными водоемами Кольского полуострова в Умбозере отмечались самые низкие концентрации биогенных элементов, по всей видимости, определяемые большими глубинами, что позволяло характеризовать озеро как ультраолиготрофное. Перманганатная окисляемость была ниже 3-5 мг О/л, а максимальная прозрачность составляла 8 м.

Глубоководность, преобладание каменистых берегов, низкие температуры воды, минерализация и содержание биогенных элементов в Умбозере обуславливали невысокие количественные показатели планктонных и бентосных сообществ (Крогиус, 1931, Крохин, Семенович, 1940). Согласно Г.Д. Клубницкой (1957), в фитопланктоне озера количественно доминировали диатомовые водоросли – *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, определенное распространение имели сине-зеленые и протококковые. Зоопланктон был отнесен к бедному в кормовом отношении коловраточно-копеподному типу, его средняя биомасса летом в глубоководной северной части озера составляла 0.31, а в южной мелководной – 0.51 мг/л. Количественные показатели бентосной фауны также были невысоки – 530 экз./м² и 0.85 г/м², соответственно, причем не менее половины ее приходилось на хирономид, преобладающую часть которых составляли Orthoclaadiinae и Chironomini.

К настоящему времени экологическое состояние Умбозера претерпело существенные преобразования. С 1978 г. на его водосборе происходит освоение Коашвинского апатит-нефелинового месторождения. В связи с многолетней деятельностью горно-обогательных комплексов, в воде Умбозера произошли изменения, хотя в основном она и сохранила свое природное состояние и продолжает относиться к гидрокарбонатно-натриевому типу (подробнее в разделе 1.1.6).

Третьим по площади зеркала озером Кольского полуострова является *Ловозеро*, расположенное к востоку от Ловозерских гор, лежащих в пределах главного водораздела Кольского полуострова. Котловина озера имеет тектоническое происхождение. Озеро вытянуто в меридиональном направлении и характеризуется достаточно сложной формой, подразделяясь на три плеса, соединенных между собой узкими и мелкими проливами. По реке Вороньей Ловозеро сбрасывает свои воды в Баренцево море. С сооружением на р. Воронья Серебрянской ГЭС Ловозеро стало водохранилищем.

Среди крупнейших озер полуострова Ловозеро одно из наиболее мелких и хорошо прогреваемых. Минерализация воды в естественных условиях составляла 20-30 мг/л, вода относилась к гидрокарбонатно-натриевому типу, содержание биогенных веществ в естественном состоянии было выше, чем в других больших озерах региона. Прозрачность воды изменялась от 2.4 до 5.5 м. По величине первичной продуктивности озеро характеризовалось как олиготрофное. В фитопланктоне доминировали диатомовые водоросли *Melosira islandica*, *Tabellaria fenestrata*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella comta*, *C. kuetzingiana*. По биомассе господствующее положение (60-90 % общей биомассы) занимала *Melasira islandica*. Зоопланктон носил ротаторно-кладоцерный характер, в бентосной фауне по численности и биомассе доминировали личинки хирономид (Ксензов, 1966, «Большие озера...», 1976).

Более полувека Ловозеро испытывает воздействие фторсодержащих сточных вод Ловозерского ГОКа, поступающих в губу Сергевань и значительно изменивших изначальное качество озерной воды. В настоящее время значительная часть озера подвержена антропогенному эвтрофированию (подробнее в разделе 1.1.6).

На материковой части Мурманской области, в Кандалакшском районе близ юго-западного побережья Кандалакшской губы расположено *оз. Ковдозеро*, площадь зеркала которого в естественных условиях составляла 294 км².

Озеро имело ледниковое происхождение. В 1955 г. оно было использовано в качестве подпорья для Ковдозерского (Княжегубского) водохранилища, в результате чего его уровень воды поднялся на 6.4 м, а площадь водного зеркала увеличилась до 608 км². Водохранилище образовано плотиной Княжегубской ГЭС.

Еще одним крупным озером Кольского полуострова является оз. **Колвицкое**, находящееся в его юго-западной части. Озеро имеет сложную форму, состоит из основного бассейна и расположенного на северо-западе длинного залива, носящего название Глубокое озеро. Река Колвица, вытекающая из озера, впадает в Кандалакшский залив Белого моря. На водосборе Колвицкого оз. нет серьезных источников загрязнения, хотя значительные вырубки леса и существовавший много лет сплав леса не мог не сказаться на озерной экосистеме. Вдоль западного берега озера проходит трасса Умба-Кандалакша. К сожалению, экология озера практически не изучена.

Расположенное на юге полуострова оз. **Вялозеро**, в отличие от оз. Колвицкое, довольно подробно изучалось в конце 1960-х гг. («Озера различных ландшафтов...», ч.1 и 2, 1974, «Большие озера...», 1975). Озеро является остаточным приледниковым водоемом, приуроченным к доледниковым пониженным участкам рельефа, относится к бассейну р. Умба, впадающей в Кандалакшский залив Белого моря. Бассейн озера расположен в подзоне северной тайги, слабая расчлененность рельефа, близкое залегание грунтовых вод и выходы трещинных вод способствуют широкому развитию здесь болот, занимающих около 1/3 бассейна. Вода Вялозера слабо минерализованная (23-28 мг/л), принадлежит к гидрокарбонатному классу, в катионном составе относительно содержание ионов натрия и кальция почти равнозначно.

Согласно данным, опубликованным в «Большие озера...» (1975), прозрачность воды по диску Секки в конце 1960-х гг. изменялась по акватории озера от 2.4 до 3 м, в заливе Амосеро, в котором находилось наибольшее количество сплавленного леса, она понижалась до

1.8 м. Активная реакция воды была слабокислая. Перманганатная окисляемость составляла 5.5-7.3 мг О/л. Поскольку Вялозеро характеризовалось пониженным коэффициентом водообмена, аллохтонное органическое вещество не играло существенной роли в его экосистеме. В летнее время водные массы были насыщены кислородом (80-90 % насыщения), однако в условиях термической стратификации наблюдалось понижение содержания кислорода в придонных слоях до 64 % насыщения. Вода характеризовалась низким содержанием минеральных форм биогенных элементов, однако высокая водопроницаемость почв, развитие подзолов обуславливало интенсивный вынос веществ с водосбора, обеспечивающий озеро биогенными элементами и органоминеральными соединениями. Все это и значительное прогревание водных масс обеспечивало более высокую продуктивность озера. В летнем фитопланктоне доминировали диатомовые *Melosira islandica* ssp. *helvetica* O. Mull., *M. italica* (Ehr.) Kutz., *Asterionella formosa* Hass., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kutz., *T. flocculosa* (Roth.) Kutz., составляющие в июле 87-100 % общей биомассы, в августе значительное развитие получали также сине-зеленые, в основном некоторые виды *Anabaena*, биомасса которых в поверхностных слоях могла достигать 40 % от общей биомассы водорослей. Биомасса фитопланктона в летние месяцы возрастала от 0.6 до 2.72 мг/л, суточная первичная продукция органического вещества у поверхности изменялась по акватории озера от 0.23 до 0.53 мг О/л, согласно этим величинам Вялозеро можно отнести к мезотрофному типу. Эти величины были выше, чем в других больших озерах Кольского полуострова, за исключением загрязняемых районов оз. Имандра. Ведущий комплекс зоопланктона в глубоководной части озера был копеподно-клагоцерный, в литоральной же зоне возрастала роль коловраток. Условия в озере были благоприятны для развития крупных рачков, ценных в пищевом отношении для рыб (*Polyphemus*, *Bythotrephes*, *Daphnia*). Средняя биомасса зоопланктона составляла 1.1 мг/л. Высокое содержание органического вещества в донных отложениях

(20-40 % потеря при прокаливании) объясняло высокие показатели бентоса (6.42 г/м²). Среди донной фауны доминировали хирономиды. Озеро занимало промежуточное положение между средне- и высококормными водоемами. Хорошая кормовая база обуславливала высокую численность сига, язя, налима, щуки.

Единственным загрязнителем озера являлся многолетний лесосплав. В истоке р. Вяла в 1928 г. была построена лесосплавная плотина, реконструированная в 1950-е годы. Кроме того, была построена система лесосплавных каналов из оз. Индель. Сплав леса был достаточно велик. В настоящее время молевой сплав леса запрещен.

2.1.6. Реакция озерных экосистем на антропогенную нагрузку

Значительное воздействие на озерные экосистемы рассматриваемого региона оказывает антропогенный фактор. Кольский Север в силу уникальности и богатства минерально-сырьевых ресурсов имеет высокоразвитый промышленный потенциал, превышающий практически все другие субарктические регионы мира. В недрах региона открыто более 1000 минералов (1/3 от всех известных на Земле), около 150 из которых встречаются лишь здесь. В Мурманской области сосредоточены мощные горно-перерабатывающие и металлургические предприятия, построена АЭС на прямоточной системе охлаждения, созданы города и поселки.

К основным полезным ископаемым на территории области относятся апатит-нефелиновые (месторождения Хибинских и Ловозерских тундр), железные (Оленегорское и Ковдорское месторождения, а также небольшие месторождения – Ловнозерское, у оз. Ловно; Аллареченское, к югу от Печенги и Имандро-Варзугское в Федоровских и Панских тундрах) и медно-никелевые руды (Печенгская и Мончегорская группы месторождений). Крупнейшие запасы редкоземельных металлов сосредоточены в недрах Ловозерского месторождения, в Кейвах найдены практически неограниченные запасы алюминиевого сырья

(кианитовые сланцы), граната-альмандина, а также богатые залежи бериллиевых и литиевых руд редких металлов. Особенностью Кольских месторождений является многокомпонентный состав руд, что придает им особую промышленную ценность.

Начало разработки *Хибинских месторождений апатит-нефелиновых руд* приходится на 1929 г. В 1930 г. происходит строительство первой апатит-нефелиновой обогатительной фабрики на берегу оз. Большой Вудъявр, одновременно со строительством рудника и обогатительной фабрики возводился город, получивший в 1934 г. название - Кировск. В настоящее время апатит-нефелиновые месторождения разрабатывает ПО «Апатит». Открытые работы ведутся на месторождениях Плато Расвумчорр, Коашвинское и Ньюрпахкское, подземные — на месторождениях Кукисвумчоррское, Апати-товый Цирк, Юкспорское.

Основу цветной металлургии Мурманской области составляют два крупнейших месторождения медно-никелевых руд – Мончегорское (Кольский полуостров) и Печенгское (материковая часть Мурманской области близ границы с Норвегией). *Мончегорский* массив включает в себя три месторождения: Ниттис-Кумужье-Травяная, Ньюуайвенч и Сопчуайвенч. Сульфидные руды первого из них были открыты в Монче-тундре в 1930г. В 1935 г. - на берегу оз. Имандра (губа Монче) разворачивается строительство *медно-никелевого предприятия*, а расположенный поблизости населенный пункт Монча-Губа преобразуется в рабочий поселок, а затем в город Мончегорск. Построенный в конце 1930-х гг. комбинат «Североникель» изначально перерабатывал местное сырье, однако с 1970 г., в связи с отработкой наиболее богатых, рентабельных жил, перешел на привозное сырье, в том числе на руду и концентрат из *Печенгского месторождения*. Печенгские медно-никелевые руды были открыты в 1921 г. финской геологической экспедицией и поначалу использовались одной из канадских компаний. В 1946 г. здесь был построен новый комбинат «Печенганикель» с горнорудным и металлургическим производством. Комбинат включает 4 рудника, две обогатительные

фабрики, три месторождения разрабатываются подземным способом, одно — открытым.

Оленегорское месторождение железных руд открыто в 1949 г., разрабатывается с 1953 г. комбинированным способом. Разработку ведёт ОАО «Олкон» (Оленегорский ГОК), используется 6 открытых карьеров. В 2005 году на базе Оленегорского карьера начал работу Оленегорский подземный рудник. **Ковдорское месторождение** открыто в 1933 г., разрабатывается открытым способом с 1962 г. Месторождение находится в материковой части Мурманской области на берегу озера Ковдор, разработку ведет Ковдорский ГОК.

Ловозерское месторождение редкоземельных металлов расположено в Ловозерских тундрах, здесь ведется добыча минерала лопарит, который является рудой тантала, ниобия и целого ряда других редких металлов (церий, неодим, европий, лантан и пр.). Добыча происходит в двух рудниках: Карнасурт («Карнасуртский»), построенном в конце 1940-х и Аллуйв («Умбозерский»), построенном в конце 1960-х. В 1973 году на Карнасуртском руднике завершилось строительство обогатительной фабрики. Рудники принадлежат Ловозерскому горно-обогатительному комбинату. С 1992 года Ловозерский ГОК переживал период острого кризиса, частично сохранившегося и в 2000-е гг. В 2009 г. рудник Умбозерский был законсервирован.

Высокоразвитый промышленный потенциал Кольского полуострова с мощными горно-перерабатывающими и металлургическими предприятиями привел к значительной антропогенной нагрузке на поверхностные воды рассматриваемой территории. Тысячи тонн минеральных солей (сульфатов, хлоридов), взвешенных веществ, биогенных элементов, сотни тонн тяжелых металлов поступают в озера со стоками горнопромышленного комплекса, кроме того происходит аэротехногенное загрязнение территории за счет переноса некоторых из этих веществ через атмосферу. Находящиеся в зоне влияния промышленных предприятий природные комплексы испытывают деградацию на всех уровнях организации.

Наряду с существенным химическим загрязнением природных вод, происходит их антропогенное эвтрофирование, причем данному процессу подвержено все большее количество водоемов. В процессе эвтрофирования величины первичной продукции многократно возрастают, а максимальные значения биомассы фитопланктона могут на несколько порядков превышать «фоновый» уровень. В 2000-е годы в водоемах различного типа явления массового развития водорослей планктона, вплоть до цианопрокариотического цветения воды, наблюдаются регулярно.

Эвтрофирование водоемов сопровождается значительными перестройками в их биологических сообществах. В альгоценозах это проявляется в снижении доли золотистых, для зеленых отмечается сокращение доли десмидиевых водорослей, с одновременным увеличением вольвоксовых, происходит усиление роли семейства фрагилариевых в сообществах диатомовых водорослей (Кашулин и др., 2012). Эвтрофирование в сочетании с токсическим загрязнением приводит к резкому возрастанию процента сине-зеленых, причем при значительном загрязнении их развитие сопровождается появлением токсичных форм. Бурный рост сине-зеленых вызывает водорослевые расцветы, сопровождающиеся резким снижением концентрации растворенного кислорода, что негативно сказывается на жизнедеятельности гидробионтов. В ряде озер, подверженных непосредственному загрязнению и эвтрофикации, в фитопланктоне снижается группа ацидофилов, тогда как в некоторых удаленных от промышленных территорий водных объектах, напротив, доля ацидофилов увеличивается, как результат выпадения кислотообразующих соединений. Изменение гидрохимических условий и рост общей минерализации вод приводят к сокращению численности галофобов и увеличению доли галофилов, а в некоторых водоемах — мезогалофобов.

Загрязнение водоемов сказывается на таксономической структуре зоопланктонного сообщества. Структурные перестройки зоопланктона проявляются в снижении, а в ряде случаев исчезновении наиболее чувстви-

тельных к ухудшению экологических условий реликтов и типичных представителей фауны олиготрофных озер (*L. kindtii*, *B. longimanus*, *E. gracilis*, *H. appendiculata*). На их место приходят и постепенно формируют состав руководящего комплекса эврибионтные мелкие виды с простыми жизненными циклами и высокой скоростью размножения. Происходит уменьшение числа видов, снижение индекса видового разнообразия Шеннона, усиление доминантности отдельных видов, прежде всего коловраток, и создания монокультур из устойчивых к загрязнению форм (Кашулин и др., 2012).

В результате химического загрязнения и эвтрофирования водоемов происходят нарушения структурной организации бентосных сообществ, которые проявляются в сокращении видового разнообразия, элиминации или снижении роли стенобионтных видов, перестройке доминантного комплекса, упрощении трофической и этологической структуры, возрастании роли беспозвоночных, образ жизни которых связан с ползанием или хождением (Яковлев, 2005). В первую очередь в бентосном сообществе страдают некоторые виды реликтовые рачков и моллюсков, личинки веснянок, поденок, ручейников, хирономид п/сем. Tanytarsini и Orthocladiinae. На загрязненных участках образуются сообщества из эврибионтных, или устойчивых к загрязнению видов, к которым относятся личинки хирономид родов *Chironomus*, *Procladius*, олигохеты сем. Tubificidae, некоторые виды моллюсков родов *Lymnaea*, *Pisidium* (Яковлев, 1991). В водоемах, наиболее загрязненных от опасных промышленных стоков развивается лишь ограниченное число устойчивых к загрязнению вод тяжелыми металлами групп беспозвоночных, прежде всего хирономиды, в зонах максимального загрязнения хирономиды формируют донные биоценозы, состоящие из монокультуры р. *Chironomus* (Кашулин и др., 2012). Однако, как указывает Яковлев (2005), на всех этапах сукцессии северных водоемов от олиготрофного до эвтрофного статуса водная экосистема сохраняет способность адаптироваться, изменяя свою структурно-функциональную организацию и перестраивая меха-

низмы утилизации органического вещества.

Что касается ихтиофауны, загрязнение водоемов отражается не только на ее видовом разнообразии, но и приводит к поражению организма рыб, снижению их репродуктивной способности, вызывает сокращение продолжительности жизни рыб и снижение темпов роста. Вызывает резкое омоложение возраста полового созревания рыб и наступление его при экстремально малых для вида размерах, способствует переходу на «короткий цикл развития». Особенно негативно сказывается на рыбе поступление токсикантов, приносимых как со сточными водами, так и воздушным путем. Одним из важнейших загрязнителей, попадающих в организмы кольских рыб и приводящих к их перестройке, является никель, накапливающийся в почках и жабрах, а также обладающий способностью влиять на содержание в тканях многих других элементов. Необходимо отметить, что если раньше патологические изменения внутренних органов рыб были характерны лишь для водоемов, расположенных в непосредственной близости к крупным горно-перерабатывающим и металлургическим предприятиям, то в настоящее время в той или иной степени они наблюдаются практически по всему рассматриваемому региону и частота их встречаемости возрастает (Кашулин и др., 2012). Кроме процессов эвтрофирования, сказывающихся на изменениях в рыбном сообществе, и токсического загрязнения, не только изменяющего сообщество, но и поражающего отдельные особи, еще одним проявлением антропогенной активности является неконтролируемый лов. Он приводит к снижению эффективности воспроизводства рыбных запасов, уменьшению доли ценных промысловых пород рыб, а также хищников и, как следствие, к смене доминирующих видов в рыбной части сообщества. Во многих озерах, где раньше основным объектом промысла являлись лосось и сиг, теперь преимущественно обитает ерш и корюшка. Наряду с переловом на рыбном сообществе резко сказывается и вселение чужеродных видов, обладающих широкой экологической валентностью и быстро отвоевывающих чужие

экологические ниши. К таким видам в озерах региона относится европейская ряпушка, выигрывающая в конкуренции со средне-тычинковым сигом.

В силу того, что основное промышленное производство на территории Мурманской области сконцентрировано в ее центре и в западной части, особенно сильное загрязнение озерных вод характерно именно для этих районов. Максимум антропогенной нагрузки на озера области приходился на 1981-1986 гг., после чего наступило ее некоторое снижение, в значительной мере связанное с происшедшим в конце 1980-х – начале 90-х экономическим кризисом, повлекшим резкое падение объема производства на всех предприятиях горнодобывающей отрасли и металлургии. С конца 1990-х - начала 2000-х гг. началось восстановление ряда производств. При этом вновь увеличивающаяся антропогенная нагрузка стала частично сдерживаться благодаря принятию в 1980-90 гг. ряда мер по охране окружающей среды. Снижение токсической нагрузки на водоемы вследствие сокращения объемов сточных вод привело к интенсификации процессов самоочищения водных экосистем. Однако, и в настоящее время загрязнение озер остается актуальной проблемой, а комплекс предложенных мер для региона слабо разработан и явно недостаточен.

Ниже рассматриваются экологические последствия антропогенного загрязнения для ряда наиболее изученных в этом направлении и наиболее интересных озер региона (Имандра, Большой Вудъявр, Умбаозеро, Ловозеро, Куэтсъярви, Ковдор, Чунозеро).

Важнейшие промышленные объекты Мурманской области сосредоточены в бассейне оз. **Имандра** (рис. 2.3). На его берегах расположены города Мончегорск, Апатиты, Кировск, Оленегорск, а также населенные пункты Имандра, Хибины, Тик-Губа, Африканда, Зашеек. Наличие уникальных месторождений полезных ископаемых и удобное расположение транспортных магистралей способствовало развитию на водосборе оз. Имандра мощного индустриального комплекса. Среди основных

производств выделяются ОАО «Апатит», Кольский ГМК ОАО «Североникель» и Оленегорский горно-обогатительный комбинат (ОАО «Олкон»). Разрабатывающее апатит-нефелиновые месторождения ПО «Апатит» загрязняет восточную часть озера, а занимающийся переработкой медно-никелевого сырья комбинат «Североникель» сбрасывает сточные воды по реке Ньюдауй в его северо-западную часть. В северную часть Большой Имандры поступает загрязнение с Оленегорского ГОК (ОАО «Олкон»), а в губу Молочная поступают подогретые воды Кольской АЭС.

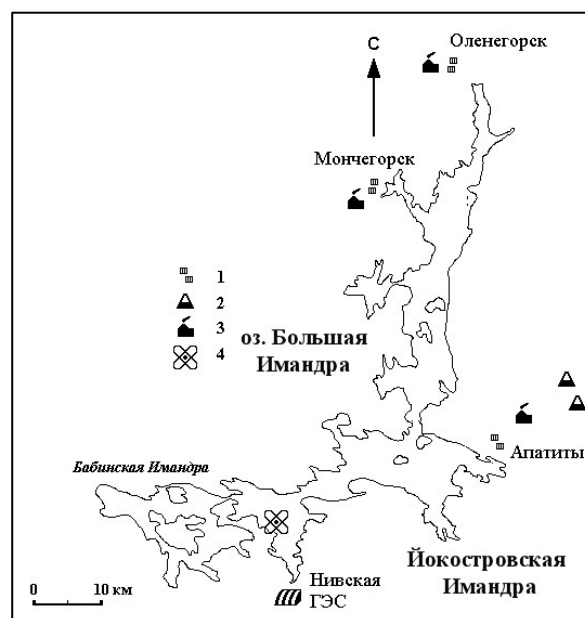


Рисунок 2.3. Схема озера Имандра.

Обозначения: 1 – населенные пункты; 2 – рудники; 3 – промышленные предприятия; 4 – Кольская АЭС. Источник: Вандыш, 2012

Основными поступающими в озеро загрязнителями являются сульфаты, хлориды, фосфор, нефтепродукты, никель, железо, медь, взвешенные и органические вещества, до 1975 г. к ним также относились гематитовые шлаки и фенолы. Кроме того, аэротехногенное загрязнение водосбора вызывают выбросы сернистого газа, приводящие к закислению водосбора.

Многолетнее загрязнение озера привело к значительному росту минерализации воды и существенным изменениям ее ионного состава. Согласно данным, опубликованным в

монографии «Антропогенные модификации...» (2002), даже в относительно незагрязненном плесе Бабинская Имандра минерализация воды к концу XX в. повысилась до 45 мг/л, а в наиболее загрязненном плесе Большая Имандра – до 72 мг/л.

Вода озера на большей части его акватории теперь относится к сульфатно-натриевому типу и только в плесе Бабинская Имандра она сохранила изначальный гидрокарбонатно-натриевый тип. Во всем озере величины рН колеблются в пределах 7.0-7.3. Прозрачность изменяется от 3 м (Большая Имандра) до 6 м (Бабинская Имандра). В течение длительной полярной зимы в толще воды развивается дефицит кислорода. Стоки горно-обогачительных и металлургических производств привели к повышению в воде содержания металлов. Наибольшее превышение фоновых значений наблюдается для никеля (в 22 раза) и меди (в 8 раз), незначительное превышение (в 2.5-3.0 раза) характерно для стронция и цинка. Максимальное загрязнение никелем, медью, цинком приходилось на период 1982-1986 гг. (Моисеенко, 1997).

Содержание общего фосфора в озерной воде сохранилось близким к своим природным значениям только в плесе Бабинская Имандра (5-13 мкг Р/л). В наиболее подверженном загрязнению плесе Большая Имандра концентрация общего фосфора в отдельные годы достигает 80-130 мкг Р/л, а в районе поступления сточных вод горнодобывающего предприятия «Апатит» оно достигает 200-300 мкг Р/л («Антропогенные модификации...», 2002). Среднегодовые значения содержания общего азота в воде плеса Большая Имандра составляют от 200 до 400 мкг/л, в других плесах - не превышают 300 мкг/л.

Наблюдающееся антропогенное эвтрофирование водоема в сочетании с изменениями ионного состава воды привело к значительным изменениям в озерной биоте. Согласно данным монографии «Антропогенные модификации...» (2002), в отдаленных от промышленных выбросов районах озера фитопланктон преимущественно представлен диатомовыми, динофитовыми и золотистыми водорослями. В

загрязненных районах субдоминантами диатомовых становятся сине-зеленые, кроме того, в доминирующей группе появляются криптофитовые и вольвоксовые водоросли. В озере формируются нетипичные для субарктики фитоценозы и ограничено развитие арктических видов. В наиболее загрязненном плесе Большая Имандра биомасса фитопланктона колеблется в пределах 1.5 – 3.0 мг/л, содержание хлорофилла «а» - 4 -9 мг/м³, что свидетельствует о переходе плеса к мезотрофному типу. В других плесах эти величины составляют 0.7-1.1 мг/л и 1-3.5 мг/м³, соответственно, то есть плесы продолжают сохранять свое изначальное олиготрофное состояние. В летнее время (июль-август) в плесе Большая Имандра основными массовыми видами фитопланктона являются динофитовые (перидинеи) и сине-зеленые (цианобактерии). Цианобактерии развиваются эпизодически в условиях штиля в заливах, а перидинеи – в открытых участках акватории. Массовое развитие динофитовых водорослей в штилевую погоду придает поверхности вод рыжевато-красный оттенок. Во время массового развития сине-зеленых биомасса может достигать экстремально высоких значений – свыше 21 г/м³ (Кашулин и др., 2012). Развитие цианобактерий приводит к изменению гидрохимических характеристик, оптических и органолептических свойств воды. К этим же периодам приурочена гибель молоди сиговых рыб, по всей видимости связанная со способностью выявленных в этот период в озере массовых видов *Synoprokaryota* выделять в воду токсичные для гидробионтов вещества (цианотоксины).

Согласно данным монографии «Антропогенные модификации...» (2002), наблюдения за зоопланктоном, таксономическая структура сообществ которого является хорошим индикатором степени загрязнения водоема в целом и его отдельных участков, свидетельствуют, что коловратки *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* остаются наиболее устойчивыми к влиянию сточных вод промышленных производств. С удалением от источника загрязнения отмечен рост доли ветвистоусых и веслоногих

ракообразных (*Daphnia cristata*, *Cyclops scutifer*, *Mesocyclops leuckarti*). Кроме того, их значительное увеличение отмечено в губе Молочная, куда поступают подогретые воды Кольской АЭС (Кашулин и др., 2012). Биомасса зоопланктона изменяется по акватории озера от 0.7-1.0 мг/л в наименее загрязненных плесах Йокостровской и Бабинской Имандры до 1.26-2.9 мг/л в плесе Большая Имандра. По значениям биомассы зообентоса плес Большая Имандра соответствует бета-эвтрофному водоему, плес Йокостровская Имандра – альфа-эвтрофному, а плес Бабинская Имандра – бета-олиготрофному водоему. Среднее значение зообентоса по площади акватории составляет около 14 г/м². Среди групп беспозвоночных в плесе Большая Имандра доминируют ракообразные, представленные реликтовым бокоплавом *Monoporeia affinis*, в плесе Бабинская Имандра в равной степени доминирующее положение занимают *M. affinis*

и личинки хирономид.

Существенные изменения в результате интенсивной антропогенной нагрузки претерпела и рыбная часть биологического сообщества озера. В природном состоянии это был сигово-гольцовый водоем, в настоящее время преобладают сиговые, значительно сократилась численность гольцов и кумжи. В зонах загрязнения у рыб наблюдаются массовые патологии.

Наряду с оз. Имандра, деятельность предприятия по переработке фосфатного сырья ОАО «Апатит» крайне негативно сказалась и на качестве воды небольшого, но глубокого оз. **Большой Вудъявр** (площадь зеркала – 3.24 км², глубина 38.6 м.), расположенного в пределах Хибинского горного массива. Из оз. Бол. Вудъявр вытекает р. Большая Белая, соединяющая его с оз. Имандра. В пределах водосбора озера находится несколько крупных рудников, город Кировск и ряд поселков.

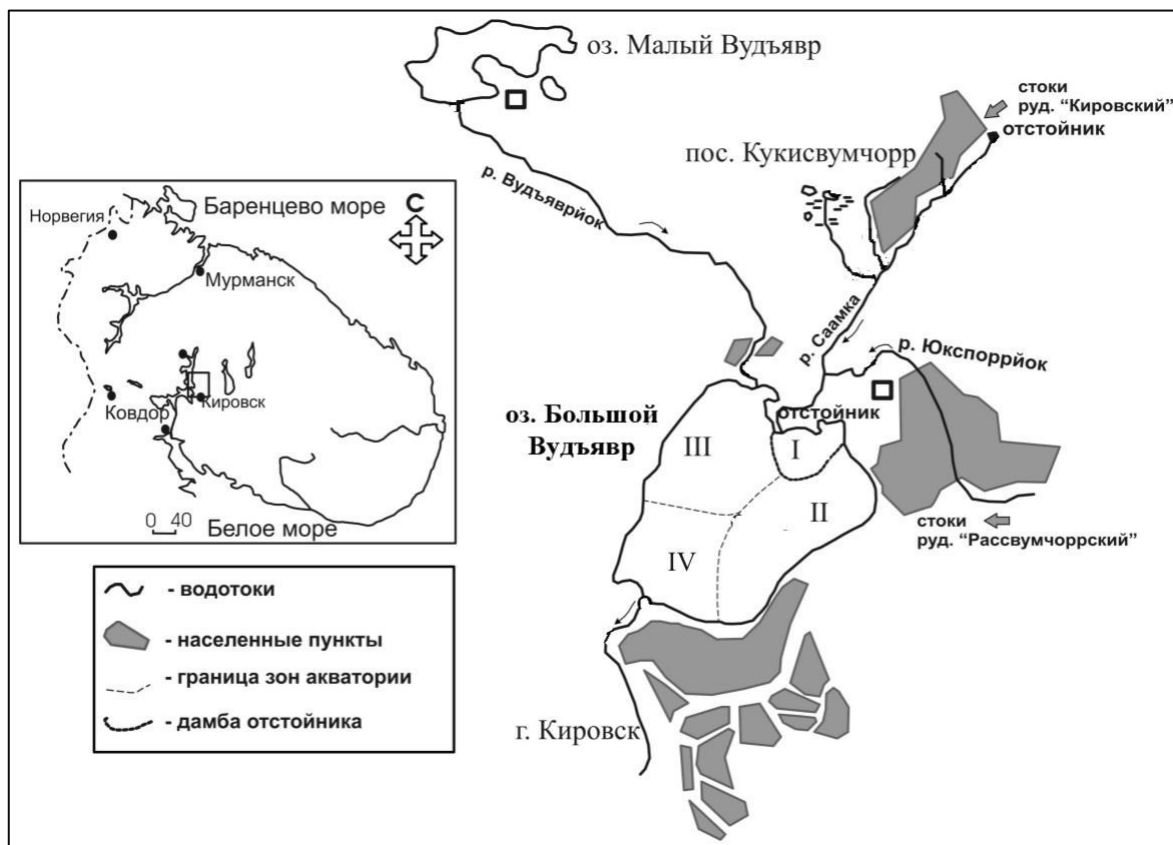


Рисунок 2.4. Карта-схема оз. Бол. Вудъявр. Источник: Денисов и др., 2009

Добыча и обогащение апатито-нефелиновой руды сопряжена с поступлением в водные

системы фторидов, соединений азота и фосфора, щелочных металлов. Кроме того, из-за аэротехногенного загрязнения в озера

поступают также тяжелые металлы - ртуть, кадмий, свинец. В результате 80-летней добычи апатито-нефелиновой руды, минерализация воды оз. Бол. Вудъявр существенно увеличилась и в настоящее время изменяется по акватории в пределах 21-161 мг/л. По всей акватории вода имеет щелочную реакцию, изменяющуюся в пределах от 7.4 до 9.3. Величины перманганатной окисляемости невелики и находятся в пределах фоновых значений – 1.7-2.1 (ср. - 1.88) мг О/л (Денисов и др., 2006). Как видно из значительного изменения минерализации по акватории озера, его воды неоднородны в гидрохимическом отношении. На этом основании вся акватория была разделена на 4 зоны (рис. 2.4): Зона I – отстойник рудничных вод, образованный отделением части акватории водоема дамбой, характеризуется повышенными значениями фосфора, азота, рН, щелочностью и др.; Зона II – загрязняемая зона водоема, концентрация приоритетных загрязнителей определяется здесь недостаточно эффективным функционированием дамбы отстойника. Локализация загрязняющих веществ определяется течениями; Зона III - «условно чистая», представляет собой часть акватории с наиболее низкими по водоему средними концентрациями загрязнителей; Зона IV – зона смешивания вод. Наиболее четко разница в химическом составе воды внутри этих зон проявляется в период межени. В отстойнике шахтных вод концентрации загрязнителей часто в несколько раз превышают содержание этих элементов в других частях озера. В свободной части акватории водоема происходит постоянное перераспределение загрязнителей, обусловленное их разбавлением поступающими с водосбора водами и перемешиванием течениями, которое зависит от сезона.

Одним из проявлений антропогенного прессинга на оз. Бол. Вудъявр является высокая степень его антропогенного эвтрофирования. При интенсивном загрязнении рудничными водами апатитовой промышленности водоросли развиваются в условиях постоянно доступных биогенных элементов, очень высоких концентраций общего фосфора и общего азота. Значительная биогенная

нагрузка отражается на состоянии биологических сообществ. В фитопланктоне озера доминируют диатомовые - *Fragilaria capucina*, *F. ulva*, *Cymbella minuta*, в августе возрастает доля зеленых. Общая биомасса водорослей подвержена существенным колебаниям. Согласно данным, приводимым Д.Б. Денисовым и др. (2006, 2009), даже в течение одного месяца (июля) биомасса изменялась от 2 до 25 г/м³. Концентрации хлорофилла «а» в период исследований на порядок превышали его содержание в фоновых водоемах, могло наблюдаться «цветение» воды в отдельных участках акватории. Доминирующие в течение всего сезона диатомовые водоросли находились в зависимости от величины минерализации, концентрации кремния, значений рН, а также метеорологических факторов.

В зоне непосредственного загрязнения оз. Бол. Вудъявр сточными водами наблюдался рост количественных показателей зоопланктона до 4,4 г/м³ (Кашулин и др., 2012). Зообентос характеризовался обедненным таксономическим составом и олигодоминантной структурой на фоне относительно высоких значений численности и биомассы. В донных сообществах доминировали олигохеты, двустворчатые моллюски, хирономиды. Максимальные значения численности и биомассы отмечались в центральной части озера, минимальные – в восточной. Количественные показатели донных сообществ в северной части озера (технологический отстойник) были самые низкие – численность 800 экз./м², биомасса – 1.5 г/м². По уровню развития зообентоса согласно «шкале трофности» (С.П. Китаев, 1984) озеро Бол. Вудъявр еще в начале 2000-х гг. соответствовало β-мезотрофному типу водоемов (Денисов и др. 2009), но уже к 2010 г. перешло в α-эвтрофный тип (Кашулин и др., 2012). Поступление шахтных вод сопровождалось снижением количественных показателей и изменением таксономической структуры донных сообществ в технологическом отстойнике, воды которого характеризуются высокими значениями рН и содержанием фосфора, алюминия и стронция.

Несмотря на значительное загрязнение озера, благоприятные условия для развития кормовой

базы отразились на более высоких показателях размерных и весовых характеристик обитающих в нем рыб. В озере доминирует арктический голец, хорошо представлена девятииглая колюшка. По сравнению с «фоновым» оз. Мал. Вудъявр голец оз. Бол. Вудъявр отличается более высокими размерно-весовыми характеристиками, упитанностью и жирностью. При этом в озере не было выявлено ярко выраженных патологий органов и тканей рыб, однако уровень накопления тяжелых металлов был довольно высок (Денисов и др., 2006). У исследованных гольцов наибольшее содержание меди было обнаружено в печени, цинка – в почках и жабрах, ртути – в мышцах и почках. Накопление тяжелых металлов в органах рыб было характерно не только для оз. Бол. Вудъявр, но и для «фонового» оз. Мал. Вудъявр. Данный факт свидетельствует о схожей природе поступления в озера тяжелых металлов, происходящего в результате аэротехногенного загрязнения.

Значительное антропогенное воздействие, связанное с разработкой и обогащением полезных ископаемых, испытывает второе по площади зеркала озеро региона - *Умбозеро* (рис. 2.5). Однако антропогенное воздействие на него происходит в значительно меньших размерах, чем на оз. Имандра. С 1978 г. в результате освоения Коашвинского апатит-нефелинового месторождения начинается загрязнение юго-западной части водоема взвешенными веществами и нитросоединениями. В связи с многолетней деятельностью горно-обогатительных комплексов в озере произошел ряд изменений, хотя его вода в основном сохранила свое природное состояние и продолжает относиться к гидрокарбонатно-натриевому типу. Однако ее общая минерализация выросла по сравнению с природной обстановкой почти в два раза – с 15-20 до 27 мг/л. Перманганатная окисляемость, согласно данным монографии «Формирование качества поверхностных вод...» (1996), сохранилась на уровне 2-3 мг О/л. Концентрация общего фосфора не превышает 6-7 мкг/л, однако содержание как общего азота, так и нитратов достигло 320 и 130-190 мкг/л, соответственно. В зависимости

от различной степени загрязненности акватории, на озере выделено три зоны (Моисеенко, 1977): северо-восточная, куда ранее поступали сточные воды с рудника «Умбозерский»; восточная и центральная - без прямых стоков и юго-западная, куда поступают стоки рудника «Восточный» ПО «Апатит». В южной части озера, в районе влияния рудника АО «Апатит», наблюдается повышенное содержание стронция и алюминия, а в одной из губ - значительное превышение средних по озеру концентраций железа.



Рисунок 2.5. Схема оз. Умбозеро. Источник: Шаров и др., 2009

Согласно данным, опубликованным А.Н. Шаровым и др. (2009), оз. Умбозеро продолжает оставаться олиготрофным водоемом и характеризуется относительно высоким качеством воды и разнообразием водорослевых сообществ, зоопланктона и зообентоса.

По индексу сапробности оно относится к β -мезосапробным водоемам. В южной мелководной части видовой состав фитопланктона беднее, на севере озера, в районе воздействия хозяйственно-бытовых стоков пос. Ревда, процентный вклад криптофитовых и сине-зеленых водорослей в общую биомассу значительно выше. Зоопланктон относится к коловраточно-копеподному типу, по численности доминируют коловратки, по биомассе – ветвистоусые ракообразные. Для бентофауны характерны невысокие количественные показатели, как по численности, так и по биомассе доминируют личинки хирономид. Состав рыбных сообществ в озере по сравнению с серединой XX в. изменился в сторону сокращения численности кумжи и гольца и увеличения ряпушки и налима (Моисеенко, Явовлев, 1990).

Оз. Ловозеро более 60 лет испытывает воздействие фторсодержащих сточных вод с

рудника «Карнасурт», на котором происходит добыча минерала лопарит (рис. 2.6). В составе сточных вод в озеро сбрасываются взвешенные вещества, фтор, минеральные соли. Особенно сильно страдает губа Сергевань, тогда как в центральную часть водоема прямые стоки не попадают. В губе Сергевань отмечено высокое содержание фтора, превышающее 1 мг/л, против 0.2-0.3 мг/л в центральной части озера. Западная часть наряду с разбавленными сточными водами рудника, загрязняется также хозяйственно-бытовыми стоками села Ловозеро, что повышает здесь концентрацию органического вещества и биогенных элементов. Согласно данным Т.И. Моисеенко (1997), содержание общего фосфора в западной части водоема может достигать 60 мкг/л, тогда как на большей части акватории оно составляет 20-25 мкг/л.

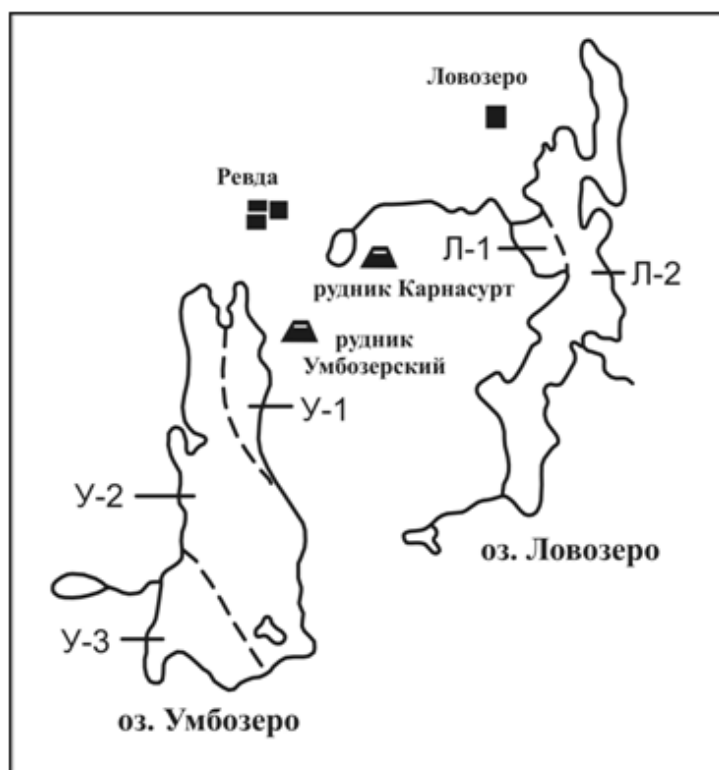


Рисунок 2.6. Озера Ловозеро и Умбозеро

Антропогенная эвтрофикация озера, сопровождающаяся повышением содержания в воде биогенных веществ, привела к росту биомассы населяющей его биоты. В зоне воздействия сточных вод рудника «Карнасурт» средняя

биомасса бентоса согласно Т.И. Моисеенко, В.А. Яковлеву (1990) достигала 12.3 г/м² при естественном фоне – 2.1 г/м². В то же время рыбопродуктивность озера снизилась.

Стоками горно-металлургического комбината

«Печенганикель» сильно загрязнены воды оз. *Куэтсьярви* (пл. зеркала 17 км²), расположенного в материковой части Мурманской области, на пограничной территории Норвегии, Финляндии и России. Комбинат добывает сульфидные медно-никелевые руды, обогащает их и осуществляет металлургическую переработку до файнштейна. Озеро подвергается прямым выбросам загрязняющих веществ с металлургической и плавильной промышленности. К основным загрязнителям относятся соединения серы и тяжелые металлы: никель, медь, кадмий, хром, цинк, мышьяк, ртуть и др., а также полициклические ароматические углеводороды. Выбросы диоксида серы с комбината приводят к окислению поверхностных и загрязнению подземных вод. Наряду с промышленными стоками в оз. Куэтсьярви поступают также хозяйственно-бытовые стоки города Никель и поселков, окружающих производство (рис. 2.7).



Рисунок 2.7. Озеро Куэтсьярви. Источник: Даувальтер и др., 2012

Многолетняя деятельность комбината «Печенганикель» привела к существенному повышению минерализации воды оз. Куэтсьярви, составляющей в настоящее время в среднем 72.0 мг/л, что почти в 4 раза

превышает фоновые значения (Даувальтер, Кашулин, 2012), и ее переходу в сульфатно-кальциевый тип. Существенно возросла концентрация в воде озера тяжелых металлов, содержание никеля в настоящее время превышает фоновые значения в 90 раз, меди – в 6 раз, стронция – в 3 раза, марганца – в 2.5 раза (Моисеенко и др., 1996). Тяжелые металлы накапливаются в донных отложениях, где они также превышают фоновые значения: никель – в 22.6 раза, медь – в 12.9 раза, кобальт – в 5.2 раза, цинк – в 1.9 раза.

Повышенное содержание тяжелых металлов наблюдалось и в других озерах региона, расположенных в радиусе около 30 км от комбината. Вода большинства исследованных озер (Kashulin et al., 2008) характеризовалась высоким содержанием меди и никеля, превышающем ПДК. Наиболее четко степень загрязнения озер отражали донные отложения. В пределах 10 км от комбината «Печенганикель» концентрации в них меди и никеля превышали фоновые значения в 10-30 раз, в пределах 10-30 км – в 3-7 раз. Концентрация кобальта в донных отложениях была в 4-10 раз выше фоновых значений в пределах 15 км и до 3 раз на расстоянии более 15 км. Аналогичная закономерность наблюдалась и для кадмия, мышьяка и ртути. Согласно данным В.А. Даувальтера и Н.А. Кашулина (2012), с удалением от комбината «Печенганикель» уменьшались значения рН, что свидетельствовало об оказании подщелачивающего влияния на воду пылевых выбросов комбината вследствие большого содержания в составе пыли щелочных и щелочноземельных металлов. Исследования Даувальтера и Кашулина (2012) свидетельствовали также о том, что очень высокие значения степени загрязнения вод прослеживаются на расстоянии до 30 км от источников загрязнения, а значительные – до 60 км. В озерах, расположенных до 30 км от комбината «Печенганикель», основными загрязнителями являются выбрасываемые в атмосферу комбинатом в больших количествах металлы – никель, медь и кобальт, а в более удаленных озерах – свинец, кадмий, ртуть и мышьяк. Воздушное загрязнение кислотообра-

зующими веществами (сернистым газом и окисями азота) и ионными формами металлов распространяется на значительные расстояния. Закисление водоемов способствует переходу металлов в ионные, наиболее токсичные формы. Несмотря на низкие концентрации, токсичные эффекты тяжелых металлов в кислой среде увеличиваются.

Наряду с химическим загрязнением активно происходил и процесс антропогенного эвтрофирования оз. Куэтсъярви. Согласно Т.И. Моисеенко (1997), по содержанию биогенных элементов озеро в настоящее время характеризуется как эвтрофное. Наибольшие концентрации общего фосфора и общего азота отмечались в летний период и составляли до 60 и 390 мкг/л, соответственно. Перманганатная окисляемость продолжала сохраняться на уровне фоновых значений (4.1 мг О/л). Гидробиологические сообщества характеризовались обильностью. В фитопланктоне продолжали доминировать диатомовые, при этом биомасса водорослей достигала 1.7 мг/л. И зоопланктон, и бентос были богаты по количеству видов, плотность зоопланктона превышала фоновые значения для региона – его численность составляла до 230 тыс. экз./м³, биомасса – до 3.9 мг/л. Среди сообщества зоопланктона была высока доля коловраток, в бентосе доминировали хирономиды (60-80 %).

Несмотря на интенсивное промышленное загрязнение, ихтиофауна оз. Куэтсъярви является одной из самых богатых среди озер северо-западной части рассматриваемого региона, что обусловлено связью озера с системой р. Пасвик. Озеро является сигово-окуневым водоемом, в нем также встречаются щука, кумжа, хариус и налим. Однако загрязнение озера не могло не сказаться на состоянии рыб, здесь зафиксированы серьезные и необратимые патологии. Согласно Т.И. Моисеенко и др. (1996), частота встречаемости патологий печени и почек сига изменялась от 54 до 90 %. Явление почечно-каменной болезни сига было выявлено у 21 % особей. Серьезные поражения органов репродуктивной системы отмечались более чем у 20 % особей. У всех рыб наблюдались снижение тургора мышц, изменения кожных

покровов. Тяжелые металлы в значительных количествах накапливались в печени, почках, жабрах и, в меньшей степени, в мышцах. У сига в печени меди было в 47 раз больше, чем в мышцах, а никеля – в 17 раз.

Одним из наиболее загрязненных водоемов Кольского полуострова является небольшое оз. **Ковдор** (пл. зеркала 0.72 км²), расположенное в его юго-западной части и являющееся озеровидным расширением р. Ковдора (рис. 2.8). Оз. Ковдор служит источником технического водоснабжения одного из крупнейших горно-обогатительных предприятий Мурманской области - Ковдорского ГОКа, построенного на базе Ковдорского железорудного месторождения. Кроме того, здесь же находится и ОАО «Ковдорслюда», а также расположены такие техногенные объекты, как карьеры, отвалы пустых пород, охранные склады, хвостохранилища, обогатительные фабрики и др. Оз. Ковдор получает как промышленные, так и хозяйственно-бытовые стоки города Ковдор, построенного в период освоения железорудного месторождения.



Рисунок 2.8. Озеро Ковдор. Источник: Королева и др., 2012

В результате активной хозяйственной деятельности озеро было полностью преобразовано. Была осушена его западная часть, оставшаяся площадь примерно наполовину разделена дамбой, причем верхняя половина перед дамбой превращена в отстойник. Многолетние поступления сточных вод в оз. Ковдор привели к увеличению общей минерализации его воды более чем в 10 раз, до 220-250 (ср. - 232) мг/л, сопровождающемуся изменением ее ионного состава. В настоящее время согласно «Антропогенные изменения...», ч.1 (2005), вода озера

является слабощелочной (рН 7.9) и соответствует классу сульфатов, на долю которых приходится более половины от общего содержания анионов, преобладающим катионом является кальций. Наряду с ростом минерализации в воде оз. Ковдор катастрофически выросло содержание тяжелых металлов, концентрация стронция превышает условно-фоновые значения в 20 раз, алюминия – в 52 раза, железа – в 2-10 раз, цинка - в 3-4 раза. Тяжелые металлы накапливаются в донных отложениях озера, и здесь коэффициенты загрязнения для таких металлов как медь, никель, цинк, железо, стронций, хром, алюминий находятся в диапазоне от 1.4 до 20.7.

Наряду с химическим загрязнением произошло значительное эвтрофирование водоема. Содержание общего фосфора в озере в настоящее время составляет в среднем 220 мкг/л, общего азота – 850 мкг/л. В то же время содержание органических веществ сохраняется в пределах фоновых концентраций, перманганатная окисляемость составляет 3.8-5.5 мг О/л. В сообществе фитопланктона доминируют сине-зеленые водоросли. По видовому составу резко отличается техногенный отстойник, где преобладают виды, способные развиваться в условиях сильного загрязнения (Денисов, 2010). На промываемых участках процент сине-зеленых снижается и повышается доля диатомовых. В процессе эвтрофирования произошло снижение видового разнообразия зоопланктона за счет исчезновения наиболее чувствительных к ухудшению экологических условий реликтов и представителей олиготрофных озер. В настоящее время в озере доминируют типичные индикаторы загрязнений: крупные коловратки *Asplanchna priodonta*, *Polyarthra* sp., *Keratella quadrata*, ветвистоусый рачок *Bosmina obtusirostris* («Антропогенные изменения...», ч.1, 2005). Численность и биомасса зоопланктона достаточно высокие - 115-350 тыс. экз./м³ и 2.9 - 8.9 г/м³, соответственно. Массовое развитие зоопланктона обеспечивает хорошую кормовую базу для рыб-планктонофагов даже в условиях токсичности окружающей среды. Высокая численность сиговых рыб свидетельствует о высоких адаптивных

возможностях этих видов, однако выловленные особи при этом не пригодны к употреблению. В их органах накапливаются тяжелые металлы: стронций – в скелете и жабрах, цинк, алюминий, медь, марганец - в печени и почках. В озере отмечаются низкая продолжительность жизни и раннее половое созревание сиговых рыб, различные патологии. При росте рыб-планктонофагов, в озере практически отсутствуют хищники (окунь, щука).

Как уже отмечалось, наряду с промышленными и бытовыми стоками негативное воздействие на озерные воды оказывает аэротехногенное загрязнение, в той или иной степени захватывающее значительные территории региона. Наряду с попаданием в водоемы токсичных веществ, тяжелых металлов и различных окислов, в рассматриваемом регионе, характеризующемся выходами обедненных основаниями кислых пород, такое загрязнение приводит к значительному закислению озерной воды. Начало аэротехногенного загрязнения приходится еще на конец первой половины XX в., на время интенсивного промышленного освоения и индустриального развития Кольского Севера и северо-запада Европы (Денисов и др., 2009).

Хорошей моделью для изучения влияния аэротехногенного загрязнения на субарктический водоем явилось оз. **Чунозеро** (с площадью зеркала 20.8 км² и глубиной 36 м, рис. 2.9), расположенное на территории Лапландского государственного биосферного заповедника и входящее в водосборный бассейн оз. Имандра. Озеро высоко проточное и открытое ветровому воздействию. Оно находится достаточно близко от крупнейшего в Европе медно-никелевого предприятия ГМК «Североникель», являющегося источником выброса сульфатов, никеля и меди, и входит в зону действия выбросов ОАО «Аппатит» и Оленегорского ГОК. Заповедный статус региона исследования минимизирует другие виды антропогенного воздействия. Наряду с Чунозером, в заповеднике были также исследованы озера Горное, Верхнее Гарьюсное и Нижнее Гарьюсное.

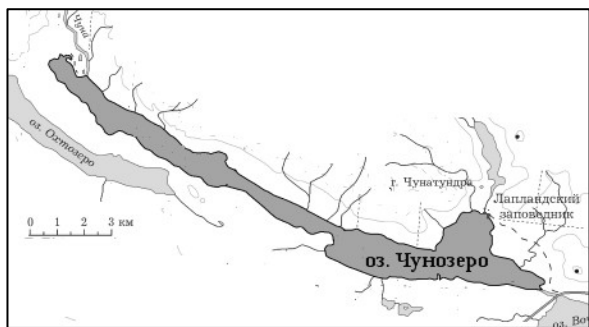


Рисунок 2.9. Озеро Чуозеро. Источник: Даувальтер, Кашулин, 2014

Вода оз. Чуозеро относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция, что характерно для большинства кольских озер. Ее минерализация составляет 15-30 мг/л, реакция среды - нейтральная. По содержанию биогенных элементов и органического вещества озеро характеризуется как олиготрофное: содержание общего фосфора изменяется в пределах 5-11 мкг/л, общего азота – 90-130 мкг/л. Перманганатная окисляемость составляет 3.6-4.2 мг О/л. Согласно данным, представленным в монографии «Антропогенные изменения...», ч.2 (2007), на площадь водосбора Чуозера за год, в среднем, поступало из атмосферы 1.7 тыс. т сульфатов, 17.1 т никеля и 18.8 т меди. Годовой гидрохимический сток загрязняющих веществ с водосборной площади составлял 60 % их выпадений из атмосферы. Отсюда, ориентировочно было рассчитано, что в среднем за год в озеро попадали 1 тыс. т сульфатов, 10.3 т никеля и 11.3 т меди. В настоящее время содержание тяжелых металлов в воде оз. Чуозера находится в пределах условно-фоновых значений, а его гидрохимический режим все еще соответствует гидрохимическому режиму большинства озер Кольского полуострова (Даувальтер, Кашулин, 2014). Тем не менее, озеро служит коллектором аэротехногенного загрязнения всей водосборной площади, и загрязняющие вещества в конечном итоге аккумулируются в донных отложениях и могут при определенных условиях поступать в водную толщу. Было рассчитано, что за 20 лет в донных отложениях накопилось 5.17 т никеля и 3.39 т меди или за год – 0.26 т никеля и 0.17 т меди. Кроме этих элементов, в донных отложениях продолжают

накапливаться другие металлы - свинец, цинк, кобальт, кадмий, марганец, железо.

Исследование зоопланктона оз. Чуозеро показало, что его качественные и количественные характеристики практически не отличаются от показателей, характерных для водоемов Крайнего Севера и Арктики. По численности и биомассе зоопланктона озеро относится к малокормным водоемам, однако в нем выявлено преимущественное развитие наиболее ценных в кормовом отношении ракообразных: из тонких фильтраторов *Bosmina obtusirostris* и *Daphnia cristata*, из грубых – *Eudiaptomus graciloides* и *Heterocope appendiculata*. Последние два вида очень чувствительны к техногенному воздействию, их присутствие отражает благополучное состояние озерной экосистемы. По составу ихтиофауны оз. Чуозеро является типичным сигово-кумжевым водоемом. Доминантом является сиг, на его долю приходится более половины всех выловленных рыб, на долю кумжи – около четверти. Несмотря на внешне благополучную обстановку с биотой озера, дополнительные исследования выявили наличие токсических изменений в организмах рыб. Как результат, продолжительность жизни сегов в озере снизилась в 1.5 раза, у них отмечается высокая частота встречаемости патологических изменений внутренних органов, в особенности печени и почек. У чуозерских рыб наблюдается значительная способность аккумулировать тяжелые металлы. В первую очередь это относится к приоритетным загрязняющим веществам - меди (в печени) и никелю (в почках). Из других металлов только цинк был отмечен в значительных количествах в жабрах и почках. Сиги аккумулирует тяжелые металлы интенсивнее кумжи, что связано с бентосным типом их питания («Антропогенные изменения...», ч.2, 2007).

[К содержанию](#)