

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ СЕВЕРА
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ КОЛЬСКОЙ АЭС (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ СЕВЕРА

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ
В РАЙОНЕ КОЛЬСКОЙ АЭС
(МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Кольский научный центр
2020

Печатается по решению Редакционного совета по книжным изданиям ФИЦ КНЦ РАН

С 56 **Современное состояние экосистем в районе Кольской АЭС (Мурманская область)** / под ред. В. А. Маслобоева, Е. А. Боровичёва и Н. Е. Королёвой. — Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 2020. — 311 с.: ил.

Авторы: Маслобоев В. А., Боровичёв Е. А., Валькова С. А., Вандыш О. И., Гилязов А. С., Даувальтер В. А., Денисов Д. Б., Другова Т. П., Елизарова И. Р., Ершов В. В., Зенкова И. В., Исаева Л. Г., Катаев Г. Д., Ключникова Е. М., Кожин М. Н., Корнейкова М. В., Королева И. М., Королёва Н. Е., Кудрявцева Л. П., Кузнецов Н. М., Макаров Д. В., Петрова О. В., Разумовская А. В., Редькина В. В., Сандимиров С. С., Сошина А. С., Сухарева Т. А., Терентьев П. М., Урбанавичюс Г. П., Фокина Н. В., Химич Ю. Р.

Ответственные редакторы: В. А. Маслобоев, Е. А. Боровичёв, Н. Е. Королёва

Рецензенты:

доктор технических наук В. П. Конухин
кандидат биологических наук Д. А. Давыдов

Представлена комплексная оценка современного состояния наземных и водных экосистем в районе деятельности Кольской АЭС, введенной в эксплуатацию в 1973 г. Выполнен сравнительный анализ состояния наземных экосистем в окрестностях Кольской АЭС и на фоновых территориях вне зоны интенсивного промышленного воздействия. Среди изученных компонентов наземной биоты на расстоянии 15 км и 30 км от Кольской АЭС – почвы, растительность и животный мир, в том числе, краснокнижные виды животных, растений и грибов.

Изучена динамика компонентов биоты в сравнении с периодом 2000-х гг. Дан обзор современного состояния озера Имандра в зоне сброса подогретых вод Кольской АЭС и в контрольных створах, включая характеристику термического режима вод плеса Бабинская Имандра, гидрохимических особенностей воды и донных отложений, разнообразия фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, ихтиофауны и санитарно-микробиологическую оценку в местах водозаборов для питьевого водоснабжения. Подготовлены рекомендации по ведению экологического мониторинга физических факторов, атмосферного воздуха, почвенного покрова, поверхностных вод, растительности и животного мира в зоне деятельности Кольской АЭС.

Книга предназначена для специалистов в области экологической безопасности, физической и экономической географии, энергетики, охраны окружающей среды, а также жителей города Полярные Зори, сотрудников Кольской АЭС и всех, кто интересуется природой и состоянием окружающей среды Мурманской области.

Книга издана при финансовой поддержке Кольской АЭС.

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF
THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL RESEARCH CENTRE
«KOLA SCIENCE CENTRE OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES»
INSTITUTE OF NORTH INDUSTRIAL ECOLOGY PROBLEMS

**CURRENT CONDITIONS OF ECOSYSTEMS
IN THE AREA SURROUNDING
KOLA NUCLEAR POWER PLANT
(MURMANSK REGION, RUSSIA)**

**Kola Science Center
2020**

DOI: 10.37614/978.5.91137.429.7
UDC 061.6(470.21)

Published by decision of the Editorial board of the FRC KSC RAS

Current conditions of ecosystems in the Area Surrounding Kola Nuclear Power Plant (Murmansk Region, Russia) /V. A. Masloboev, E. A. Borovichev and N. E. Koroleva (eds.). — Apatity: Kola Science Centre RAS, 2020. — 311 p.

Authors: Masloboev V. A., Borovichev E. A., Valkova S. A., Vandysh O. I., Gilyazov A. S., Dauvalter V. A., Denisov D. B., Drugova T. P., Elizarova I. R., Ershov V. V., Zenkova I. V., Isaeva L. G., Kataev G. D., Klyuchnikova E. M., Kozhin M. N., Korneikova M. V., Koroleva I. M., Koroleva N. E., Kudryavtseva L. P., Kuznetsov N. M., Makarov D. V., Petrova O. V., Razumovskaya A. V., Redkina V. V., Sandimirov S. S., Soshina A. S., Sukhareva T. A., Terent'ev P. M., Urbanavichyus G. P., Fokina N. V., Khimich Yu. R.

Editors in charge: V. A. Masloboev, E. A. Borovichev & N. E. Koroleva

Reviewers:

V. P. Konukhin Dr Sci (Engineering)
D. A. Davydov PhD (Biology)

Current conditions of terrestrial and aquatic ecosystems are assessed in the surroundings of Kola Nuclear Power Plant (NPP) and in control area outside of industrial impact zone. Changes in biota are estimated against baseline data collected in the 2000s. In surroundings of the Kola NPP, industrial pollution levels (nitrogen, phosphorus, heavy metals, etc.) in the soils, waters, and plants were assessed. Big smelter plant in Monchegorsk («Severonickel»), situated 60 km to the North from the Kola NPP, was found to have negative impact on the forest vegetation and soils as well as aquatic ecosystems in the studied area. Biodiversity in the area is very high. It includes 190 species of lichens, 161 aphyllorphoroid (wood-destroying) fungi, 210 bryophytes, 430 vascular plants, 124 birds and 33 species of mammals. No negative effect of NPP on terrestrial ecosystems or rare species of plants, animals and fungi, was identified at any distance from the Kola NPP. Aquatic ecosystems, in opposite, were affected not only in close vicinity to the station, but even in low-impact areas, that results mainly from air pollution. Multiple characteristics of the ecosystem of the Imandra Lake differed from 20-year old data. Hydrochemical characteristics of water and sedimentation, phyto- and zooplankton, zoobenthos, and ichthyofauna together with the thermal regime of the Babinskaya Imandra reach are among the most affected. Thermal water pollution from Kola NPP and eutrophication from the fish farm in vicinity of the NPP has a substantial negative effect on the aquatic communities, and they are at risk of being pushed out of equilibrium status by any additional negative factors, e.g., invasion of alien species, climatic changes, etc. Quality of drinking water supply fully satisfies the sanitary and hygienic standards; no pathogenic groups of microorganisms were found here. The book gives recommendations on environmental monitoring of water and air quality, soils, plants and animals in the surroundings of the Kola NPP.

The book is intended to serve as a resource for specialists in the field of environmental protection, physical and economic geography, energy production, as well as for residents of the city of Polarnye Zori, employees of the Kola Nuclear Power Plant and everyone who is interested in the nature and environment of Murmansk Region.

The book was published with the financial support of the Kola NPP.

ISBN 978-5-91137-429-7

© Authors, 2020

© FIC KSC RAS, 2020

© INEP KSC RAS, 2020

Введение

Кольская атомная электростанция (КАЭС) – самая северная атомная станция в Европейской части России и одна из первых отечественных крупных промышленных электростанций с серийными водо-водяными энергетическими реакторами. Она является основным производителем электроэнергии для энергосистемы Мурманской области и Республики Карелия. Площадка КАЭС расположена в южной части Мурманской области, на землях города Полярные Зори с подведомственной территорией. КАЭС принадлежит к промышленным объектам, воздействие на окружающую среду которых находится под пристальным вниманием экологических организаций, общественности и средств массовой информации.

На КАЭС действует несколько уровней экологического контроля, основой которого является производственный экологический контроль. Его главная задача – выполнение требований природоохранного законодательства, соблюдение нормативов качества окружающей среды и принципов рационального природопользования. На территории промплощадки, в пределах санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения специалистами атомной станции контроль проводится рядом аккредитованных организаций: Центром лабораторного анализа и технических измерений по Мурманской области (ЦЛАТИ по МО), Центром гигиены и эпидемиологии №118 Федерального Медико-биологического агентства России (ФГБУЗ ЦГиЭ №118 ФМБА России), Мурманским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды («Мурманское УГМС») и Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН (ИППЭС КНЦ РАН).

В 2010 г. вышла монография «Экологическое состояние наземных и водных экосистем в районе Кольской АЭС», где были даны: оценка состояния воздушного бассейна и поверхностных вод, санитарно-микробиологическая характеристика питьевой воды в водозаборах, описание почв и лесных экосистем, оценка разнообразия флоры и фауны в зоне 15 км от КАЭС. В монографии был выполнен сравнительный анализ состояния наземных экосистем в районе воздействия КАЭС и на фоновых («чистых») участках, находящихся вне зоны интенсивного промышленного воздействия.

Через десять лет мы снова получили возможность повторить исследования состояния экосистем в районе КАЭС, что позволило сравнить два временных среза и проанализировать динамику состояния компонентов биоты. В исследование включены сведения о разнообразии грибов, лишайников и мохообразных, которые играют важную роль в растительном мире нашего региона. Удалось существенно углубить знания о распространении редких видов, включенных в Красную книгу Мурманской области и/или России. Расширены представления о функционировании наземных водных экосистем в районе КАЭС.

Помимо сугубо научных задач авторы ставили перед собой еще одну – написать книгу понятным языком и сделать ее доступной для широкого круга читателей – всех, кто интересуется природой и состоянием окружающей среды Мурманской области.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за содействие в организации научных исследований и подготовке данного издания заместителю генерального директора – директору филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» В. В. Омельчуку, главному инспектору И. В. Маракулину, руководителям и специалистам Кольской АЭС А. Ю. Чиркову, М. Ю. Якимову и Л. А. Майорову.

Благодарим сотрудников ЦКП ИППЭС КНЦ РАН за огромный объем выполненных химических анализов. Мы признательны рецензентам книги – В. П. Конухину и Д. А. Давыдову – за внимательное прочтение рукописи и высказанные замечания, а также И. В. Татаренко за проверку английского текста.

При написании книги использованы результаты исследований, полученные в рамках выполнения государственного задания ИППЭС КНЦ РАН (ААА-А-А18-118021490070-5, АААА-А19-119041890010-4 и АААА-А18-118021490072-9) и ПАБСИ КНЦ РАН (АААА-А18-118050490088-0), проектов Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 17-44-510841 и 18-05-60142_Арктика). Исследования М. Н. Кожина по антропогенной флоре и растительности выполнены за счет Российского научного фонда (гранты № 19-77-00025).

Глава 1

Проблемы ядерной энергетики. Кольская АЭС в энергосистеме и экономике Мурманской области

1.1. Проблемы ядерной энергетики

Мировое потребление энергии устойчиво растет на протяжении многих десятилетий. Несмотря на постоянно растущие цены на нефть и экономический спад последних двух лет, мир продолжает использовать все большее количество энергии и можно ожидать, что так продолжится и в будущем. Хотя темпы роста никогда, по-видимому, не будут столь же высоки, как до нынешнего мирового экономического кризиса, очевидно, что экономический рост происходит в большинстве развивающихся стран и увеличение энергопотребления является неизбежной частью этого роста. Быстро возрастающие потребности в питьевой воде во многих частях нашей планеты (например, в Северной Африке и странах Персидского залива) должны удовлетворяться развитием опреснительных систем, которые также увеличат потребности в энергии.

Как мировая экономика будет удовлетворять свои энергетические потребности в будущем? Здесь имеется некоторая неопределенность по следующим причинам:

- Производство нефти будет постепенно падать в связи с исчерпаемостью этого ресурса. Издержки производства по ее добыче растут. К тому же, цена на нефть в значительной степени зависит от политических факторов.
- Производство природного газа, при увеличивающихся сегодня темпах, вероятно, приблизится к своему пику во многих странах через пару десятилетий.
- Затраты на добычу угля постоянно возрастают, а его использование приводит к повышению глобальной температуры на планете (парниковый эффект).
- Имеется неопределенность по реализации ядерных программ во многих странах.
- Имеются существенные ограничения в практическом использовании возобновляемых энергетических ресурсов.
- Дальнейшие возможности энергосбережения ограничены без радикальных перемен в образе жизни в развитых странах и фактически не существуют в развивающихся странах.

Согласно прогнозу американских ученых [The Future..., 2003], доля газа в производстве энергии устойчиво увеличивается в трех главных газпроизводящих регионах (СНГ, Ближний Восток и Латинская Америка), а доля угля уменьшается во всех регионах, за исключением Северной Америки, где она стабильна, и в Азии, где доля угля увеличивается значительно. Развитие ядерной энергетики отстает по темпам

роста от общего производства электроэнергии: к 2030 г. ее доля в мировом производстве энергии снизится до 10% (от 18% в 2000 г.).

Для развития атомной энергетики необходимо решить следующие четыре ключевые проблемы [The Future..., 2003].

1. Стоимость строительства и эксплуатации энергоблоков АЭС. На свободном рынке стоимость энергии, произведенной на атомных станциях, проигрывает по сравнению с энергией, произведенной при сжигании природного газа или использовании гидроресурсов. Однако эта разница может быть уменьшена за счет разумного снижения капитальных и эксплуатационных затрат, затрат на техобслуживание, а также сокращения времени строительства без снижения уровня безопасности. Торговля выбросами углерода, если решение об этом будет принято правительствами всех стран, в том числе и Правительством РФ, может дать атомной энергетике определенные стоимостные преимущества над тепловой электроэнергетикой. Данная задача сейчас во многом решается путем сооружения энергоблоков большой мощности по типовому, оптимизированному проекту (проект АЭС с ВВЭР – ТОИ).

2. Обеспечение безопасности. Конструкция современных реакторов позволяет достичь приемлемого и достаточно низкого уровня риска серьезных аварий, однако необходимо обеспечить безопасность всего топливного цикла в целом и управление запроектными авариями.

3. Утилизация радиоактивных отходов. Геологическое захоронение отходов технически возможно, однако это должно быть более детально исследовано и продемонстрировано на практике. Отсутствуют убедительные доказательства того, что в современных замкнутых топливных циклах, включая переработку отработанного топлива, долгосрочное управление отходами будет иметь преимущества, способные перевесить краткосрочные риски и затраты. Совершенствование открытого топливного цикла может дать настолько значительные преимущества управления отходами, что с ними смогут сравниться преимущества, на которые претендует замкнутые топливные циклы.

4. Нераспространение ядерного оружия. Нынешний международный режим гарантий не соответствует проблемам безопасности расширенного развития атомной энергетики, как это предусмотрено сценарием глобального развития. Система переработки, используемая в настоящее время в Европе, Японии и России, в которую входят извлечение и переработка плутония, несет риск несанкционированного распространения ядерного оружия.

Ядерный топливный цикл включает в себя этапы, необходимые для производства электрической энергии, в том числе добычу ядерного топлива, процессы превращения сырья в полезную продукцию, выработку энергии, а также переработку и/или захоронение отработанного топлива и различных видов отходов (рис. 1.1).

Критичным фактором будущего развития ядерной энергетики является выбор топливного цикла: какой вид топлива используется, какие типы реакторов «сжигают» топливо и какие методы задействованы для захоронения отработанного топлива.

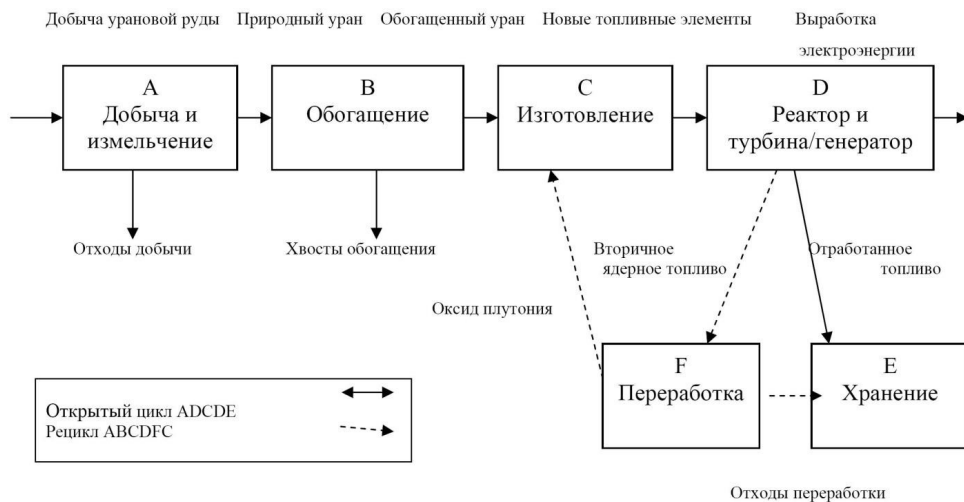


Рис. 1.1. Основные этапы ядерного топливного цикла [Маслобоев и др., 2010]

Выбор затрагивает все четыре ключевые проблемы, с которыми сталкивается ядерная энергетика: стоимость, безопасность, риск распространения ядерного оружия и захоронение отходов.

Существуют три основных варианта топливных циклов:

1. Традиционные тепловые реакторы с «открытым» топливным циклом, в которых выгруженное топливо сразу направляется на место захоронения (рис. 1.2).

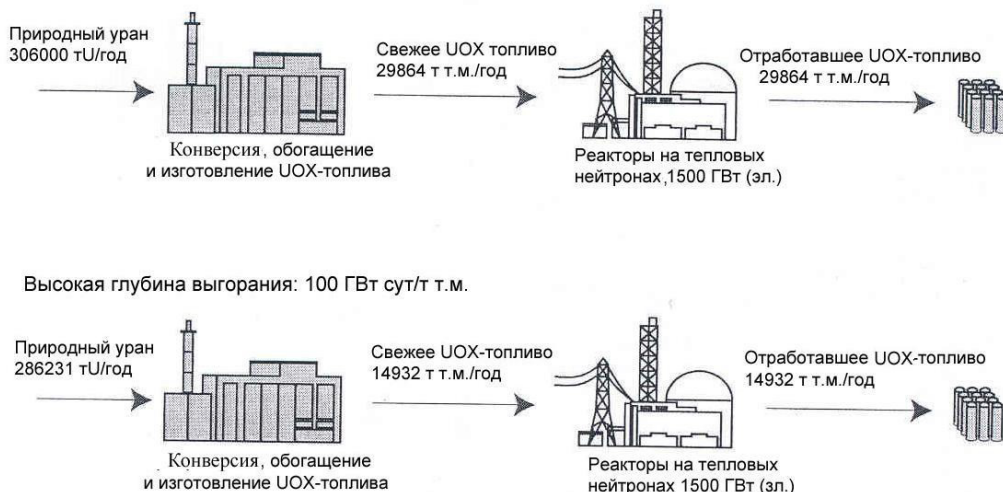


Рис. 1.2. Открытый топливный ядерный цикл [по: The Future..., 2003].

В верхней части рисунка представлены мировое потребление урана и объем отработанного ядерного топлива на существующих типах энергетических реакторов (глубина выгорания 50 ГВт сут/т топлива), в нижней части рисунка показана возможность уменьшения отходов вдвое за счет повышения глубины выгорания ядерного топлива до 100 ГВт сут/т

2. Тепловые реакторы, использующие «замкнутый» топливный цикл, где отходы отделяются от неиспользованных делящихся материалов, перерабатываемых в реакторное топливо. Этот цикл используется в настоящее время в ряде стран, в том числе в РФ, в нем из отработанного топлива отделяется плутоний, из которого затем изготавливается смешанное уран-плутониевое оксидное топливо, которое перерабатывается в реакторное топливо для однократного использования.

3. Реакторы на быстрых нейтронах с переработкой трансурановых элементов, выделенных из отработанного топлива тепловых реакторов. Быстрые реакторы, установки по переработке и производству топлива должны размещаться вместе, в надежных атомных энергетических «парках» на территории промышленно развитых стран, с тем, чтобы обеспечить нераспространение делящихся материалов, в первую очередь, плутония.

У атомной энергетики есть ряд преимуществ по сравнению с тепловой:

- АЭС занимают в четыре раза меньшие территории по сравнению с ТЭС, работающими на угле (уголь надолго еще останется основным топливом ТЭС), так как они не имеют цехов топливоподготовки, гигантских шлаковых терриконов и золоотвалов.
- При нормальной безаварийной эксплуатации АЭС объемы всех выбросов (газообразных, жидких и твердых) на порядки меньше, чем у ТЭС, практически не происходит выброса в атмосферу диоксида серы и азота. Полностью отсутствуют выбросы углекислого газа, что является значительным преимуществом в свете борьбы с глобальным потеплением. Следовательно, воздействие этих факторов на окружающую среду и опосредованно на здоровье людей, флору и фауну слабее.

Энергоблок типа ВВЭР-440 электрической мощностью 440 МВт (4 таких блока эксплуатируются на КАЭС) позволяет предотвратить выделение в атмосферу в течение года 500 т пыли, 7,5 тыс. т диоксида азота, 26 тыс. т диоксида серы, более 3 млн т диоксида углерода по сравнению с ТЭС. Более того, ТЭС, работающие на углях (особенно бурых), выбрасывают в окружающую среду с дымом и шлаками природных радионуклидов (в основном семейства урана и тория) больше, нежели АЭС, хотя и при нормальной эксплуатации последних из вентиляционных труб в атмосферу поступают радиоактивные инертные газы, ^{131}I и аэрозоли. Поскольку радиационный фон, обусловленный космическим излучением и радиоактивностью природных изотопов в почве, сопровождает человека постоянно со времени зарождения его как биологического вида, то опасна не вообще радиоактивность, а повышенное, дополнительное облучение, воздействие которого на организм человека в общем виде сводится к повреждению молекул ДНК, приводящему при больших дозах к развитию специфических заболеваний.

По данным Межрегионального управления №118 Федерального медико-биологического агентства (далее – Межрегионального управления №118), осуществляющего санитарно-эпидемиологический надзор за влиянием КАЭС на население

и объекты окружающей среды, с момента её проектирования, в ходе строительства и всего периода эксплуатации, вклад радиоактивных выбросов КАЭС составил сотые доли процента по сравнению с естественным фоном (63%) и облучением в результате медицинских обследований населения (37%).

Одна из труднейших и пока не решенных проблем атомной энергетики – радиоактивные отходы (РАО) – носители радионуклидов и, следовательно, вредного излучения. Они делятся по фазовому состоянию на жидкие (ЖРО), твердые (ТРО) и газообразные (ГРО), а по интенсивности излучения – на сильно-, средне- и слабо-радиоактивные. Ввод в действие первых АЭС не сопровождался строительством достаточных объемов станционных и региональных хранилищ РАО, комплексов по переработке ЖРО и ТРО. Существовавшая практика обращения с радиоактивными отходами АЭС состояла в хранении твердых и упаренных жидких отходов (кубовых остатков) в специальных хранилищах на площадках атомных станций. В настоящее время, максимальное снижение накопленных и образующихся РАО, перевод объектов ядерного наследия в ядерно и радиационно безопасное состояние, является одной из главных задач комплексного обеспечения ядерной и радиационной безопасности в РФ. Основной путь решения этой задачи – создание новых и сохранение уже введенных в эксплуатацию объектов инфраструктуры по обращению с РАО, включая мощности по переработке всех видов накопленных радиоактивных отходов.

Еще одна группа «отходов» деятельности атомной энергетики – это отработавшее топливо (ОЯТ). Оно содержит в себе как необходимые для атомной энергетики уран и плутоний, которые после его переработки возвращаются в топливный цикл, так и долгоживущие продукты распада ядер урана – актиноиды с периодом полураспада сотни и тысячи лет, от которых надо какими-то способами избавляться, то есть трансформировать в нерадиоактивные элементы. Соответствующие технологии разрабатываются. Они базируются на реакторах на быстрых нейтронах, способных обеспечить замкнутый топливный цикл атомной энергетики (бридинг) и «сжигать» (трансмутировать) в реакторах-«мусорщиках» – радиационно-опасные актиноиды («сжигать» – переводить актиноиды путем облучения нейтронами в другой, нерадиоактивный химический элемент). Пока же только небольшая часть ОЯТ перерабатывается на заводе РТ-1 в ПО «Маяк» в городе Озерске Челябинской области. Выделенные из них долгоживущие радиоактивные элементы остекловываются и остаются в хранилище при заводе. Но технология завода РТ-1 позволяет перерабатывать не все виды ОЯТ, а новый завод РТ-2 с более современной технологией еще строится в Красноярске. Поэтому основная часть ОЯТ хранится на АЭС. Твердые радиоактивные отходы АЭС собираются в специализированном предприятии ПО «Радон».

Технологии демонтажа и переработка радиоактивных отходов в какой-то мере отрабатываются в настоящее время при утилизации атомных подводных лодок.

Говоря об экологических аспектах ядерной энергии, следует помнить, что она не противопоставляется всем другим энергоресурсам, а является составной частью энергокомплекса нашей страны и мира в целом, с присущими ей достоинствами

и недостатками. С учетом ограниченности топливно-энергетических ресурсов и глобальной задачи по борьбе с парниковым эффектом, надежное, длительное энергообеспечение человечества невозможно без использования ядерной энергии.

Безопасность блоков КАЭС (официальный сайт КАЭС <http://kolanpp.rosenergoatom.ru/>). КАЭС введена в эксплуатацию в период с 1973 по 1984 гг. в составе 4-х энергоблоков типа ВВЭР мощностью 440 МВт каждый. Суммарная установленная мощность КАЭС составляет 1760 МВт. Все энергоблоки имеют лицензии на эксплуатацию в течение продленного срока службы. КАЭС – основной поставщик электроэнергии в энергетический комплекс Мурманской области. По установленным мощностям электростанций региона мощность КАЭС составляет 48.3%, мощность 17 ГЭС и двух тепловых электростанций (Апатитская и Мурманская ТЭЦ), входящих в ПАО «ТГК-1» – 51.6% (или 1836.6 МВт). Ежегодно КАЭС вырабатывает до 60% всей электроэнергии, генерируемой в Кольской энергосистеме. Порядка 4 млрд кВт·ч электроэнергии передается в энергосистему соседней Республики Карелия. Остальная электроэнергия потребляется крупными промышленными потребителями и населением Мурманской области.

С 1989 г. на КАЭС реализуется принцип непрерывного поэтапного повышения безопасности блоков путем выполнения мероприятий по модернизации. На основании анализа современных нормативных документов по атомной энергетике, рекомендаций МАГАТЭ, анализов безопасности, опыта эксплуатации зарубежных и российских АЭС, рекомендаций ВАО АЭС были разработаны и утверждены концерном «Росэнергоатом» «Концепции повышения безопасности блоков». Всего на текущий момент реализовано более 1800 проектов на сумму, эквивалентную 1.0 млрд долларов США. Это позволило продлить сроки эксплуатации энергоблоков КАЭС и получить лицензии Ростехнадзора на дополнительные сроки эксплуатации энергоблоков: энергоблока №1 – до 2033 г.; №2 – до 2034 г.; №3 – до 2036 г. (с перспективой продления на 5 лет); №4 – до 2039 г. (с перспективой продления на 5 лет).

Контроль радиационной обстановки в районе расположения КАЭС осуществляется с помощью автоматизированной системы АСКРО, которая создавалась поэтапно.

АСКРО-1 – в 1993 г. на промплощадке и в городе Полярные Зори и пос. Африканда было установлено 12 датчиков мощности дозы гамма-излучения.

АСКРО-2 создана в 1998-1999 гг. и предназначена для контроля метеорологических параметров в районе расположения КАЭС и контроля радиационной обстановки в зоне наблюдения КАЭС с помощью передвижной радиометрической лаборатории.

АСКРО-3 внедрена в 2000 г. и предназначена для автоматизированного контроля мощности дозы гамма-излучения, состоит из 15 датчиков фирмы RADOS (Финляндия), расположенных в 30-км зоне размещения КАЭС.

АСКРО КАЭС сегодня – это 15 постов контроля мощности гамма-дозы, 5 автоматических метеостанций, метеолокатор SODAR/RASS, современные передвижные радиометрическая и радиоэкологическая лаборатории, ретрансляторы, информационно-аналитический центр.

АСКРО КАЭС интегрирована в территориальную систему мониторинга области через Региональный кризисный центр Мурманской области и Мурманское управление Гидрометеослужбы.

В июне 2006 г. на КАЭС состоялся ввод в эксплуатацию уникального объекта – комплекса переработки ЖРО. Впервые в отрасли реализована в промышленном масштабе технология утилизации ЖРО. В пусковом комплексе реализована технология переработки кубовых остатков (высокосолёных растворов). Внедренная технология заключается в изъятии ЖРО из баков хранения, очистке отходов от радионуклидов и переводе очищенных растворов в отвержденное состояние. В результате переработки объем РАО, подлежащий хранению, снижается в 50 раз.

Оценка тяжести учетных нарушений в работе КАЭС производится по Международной шкале ядерных событий (INES). Как показывает статистика с 1995 г., имевшие место технологические нарушения отнесены к самым низким уровням шкалы: 40% нарушений являются событиями, не имеющими отношения к безопасности, не входят в шкалу и считаются «вне шкалы»; 57% нарушений классифицированы «уровнем 0», как события, не существенные с точки зрения безопасности, т.е. являются «отклонениями»; лишь 3% относятся к «уровню 1».

Продление сроков эксплуатации (ПСЭ). Эта проблема имеет много аспектов – технических, технологических, экономических, социальных. Практика продления проектных сроков эксплуатации ядерных энергоблоков существует в разных странах, с учетом того, что в мире более 10% действующих энергоблоков эксплуатируются более 30 лет. Все ведущие государства в сфере атомной энергетики реализуют либо планируют реализацию программ ПСЭ. В США принята концепция продления «проектный срок 40 лет + 20 лет». Более 40 энергоблоков АЭС уже получили лицензию на эксплуатацию сверх проектного срока. Франция ведет реализацию программ ПСЭ путем поэтапного получения лицензий на дополнительные сроки эксплуатации (шаг – 10 лет). В Финляндии (АЭС «Ловиза», два энергоблока проекта ВВЭР-440) реализована программа ПСЭ энергоблоков до 50 лет. В Японии принята концепция ПСЭ действующих энергоблоков АЭС до 60 лет. Что касается российских АЭС, то на настоящее время продлен срок службы 12 энергоблоков суммарной установленной мощностью 5 808 МВт.

Перспективы реализации замкнутого ядерного топливного цикла в РФ. Использование тепловых реакторов (ТР) в открытом ядерном топливном цикле приводит к высокому потреблению природного урана. Открытый ядерный топливный цикл в ТР характеризуется низкой эффективностью использования природного урана (менее 1%), так как применяется только радиоактивный изотоп (^{235}U).

Возникающие проблемы существующей ядерной энергетики при увеличении количества АЭС, а именно: необходимость увеличения добычи природного урана (а его запасы конечны) и росте его стоимости; рост объемов ОЯТ, ведущий к росту затрат на новые специальные хранилища ОЯТ, кардинально возможно решить замыканием ядерного топливного цикла с помощью реакторов на быстрых нейтронах, в строительстве и эксплуатации которых Россия является мировым лидером.

Концепция радиационной эквивалентности и природоподобия при обращении с радиоактивными отходами. Современная ядерная энергетика, основанная на тепловых реакторах, имеет ряд нерешенных и отложенных проблем, влияющих на темпы развития, структуру, эффективность ядерной энергетики в мировом масштабе.

Важнейшие из этих проблем: по прогнозам минерально-сырьевая база по урану будет не в состоянии обеспечить устойчивое долговременное развитие ядерной энергетике только на тепловых реакторах, так как при этом используется незначительная часть уранового сырья; отсутствуют технологии надежной изоляции от биосферы радиоактивных отходов, образующихся в ядерном топливном цикле, в первую очередь это касается высокоактивных долгоживущих отходов, к которым относятся и облученное ядерное топливо, если предполагается его захоронение без переработки, и оно декларируется как отходы.

«В ближайшей перспективе единственным технологически достижимым методом, способным обеспечить достаточную степень защиты населения и биосферы от высокоактивных и долгоживущих отходов в течение нескольких сотен лет, является удаление отходов в глубокозалегающие подземные хранилища. Идеология обращения с долгоживущими и высокоактивными отходами в этом случае заключается в их отверждении, длительном контролируемом хранении и последующем захоронении в глубокой геологической формации. Организация глубинного захоронения является очень сложной многофакторной проблемой, требующей выполнения в течение длительного времени огромного объема технических и научных работ. Однако основным препятствием является отсутствие абсолютных гарантий долговременной безопасности захоронения, а в настоящее время доказательства безопасности при решении любой экологической проблемы должны быть предельно прозрачны.

Решение важнейших проблем атомной отрасли – обеспечение топливом и обращение с отходами – принципиально возможно только в крупномасштабной многокомпонентной ядерной энергетике, основанной на использовании быстрых реакторов в замкнутом ядерном топливном цикле с глубокой переработкой облученного ядерного топлива, извлечением индивидуальных радионуклидов или их групп для возврата в цикл ценного энергетического сырья, полезного использования некоторых изотопов, трансмутацией отдельных актинидов и захоронением не востребуемых радионуклидов без нарушения природного радиационного баланса.

Сохранение природного радиационного баланса подразумевает, что через определенный исторически не слишком большой период времени суммарная радиотоксичность произведенных в результате эксплуатации АЭС и/или переработки облученного топлива и направляемых на захоронение отходов не будет превышать суммарной радиотоксичности уранового сырья, извлеченного из земной коры для обеспечения АЭС топливом [http://sosny.bas-net.by/wp-content/uploads/2012/10/bul_2012_5-6.pdf].

Исходным сырьем для ядерного энергетического топлива в замкнутом ядерном топливном цикле становится ^{238}U из ОЯТ или из обедненного гексафторида урана,

накопленных запасов которых может хватить на несколько сотен лет (рис. 1.3). Одновременно будет достигнут новый более высокий уровень экологической безопасности ядерной энергетики за счет многократного снижения объемов отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов.



Рис. 1.3. Схема замкнутого ядерного топливного цикла реактора БРЕСТ-ОД-300
[\[http://rareearth.ru/ru/pub/20160420/02478.html\]](http://rareearth.ru/ru/pub/20160420/02478.html)

Замкнутый топливный цикл с реакторами на быстрых нейтронах потребует и модернизации к 2040 году ВВЭР для перехода на новые виды ядерного топлива. Применение новой технологии реализуется в создании реакторной установки на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем БРЕСТ-ОД-300 (300 МВт эл.) и предприятий создания и переработки ядерного топлива [<http://rareearth.ru/ru/pub/20160420/02478.html>].

В настоящее время разработки технологий быстрых реакторов и замкнутого ядерного топливного цикла ведутся в рамках государственной программы Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса». Проект создания новой технологической платформы входит в число ведущих проектов Комиссии при Президенте РФ по модернизации и техническому развитию экономики страны.

В рамках проекта новой технологической платформы разрабатываются:

- технологии создания перспективных реакторов на быстрых нейтронах;
- новые виды ядерного топлива и конструкционных материалов;
- технологии переработки ОЯТ и обращения с РАО.

Ключевые направления деятельности новой технологической платформы:

- Приоритетный проект «Прорыв», направленный на создание научно-технологической базы крупномасштабной ядерной энергетики естественной безопасности и предусматривающий создание опытно-демонстрационного комплекса в составе энергоблока с реактором на быстрых нейтронах и пристанционного блока по переработке отработавшего ядерного топлива, фабрикации и рефабрикации плотного топлива.
- Разработка и сооружение опытно-промышленного энергоблока с реакторной установкой на быстрых нейтронах со свинцово-висмутовым теплоносителем для региональной энергетики.
- Модернизация существующей и создание новой экспериментально-стендовой базы для обоснования физических принципов, проектно-конструкторских решений, анализа и обоснования безопасности реализации основных научно-технологических решений инновационной атомной энергетике.
- Создание производства уран-плутониевого оксидного топлива (резервного) для реакторов на быстрых нейтронах.

В заключении следует отметить, что экологические проблемы ядерной энергетики и ядерных технологий в целом формировались на протяжении 50 лет. Л. А. Большов с соавт. [<http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/nucltec.htm>] разделяет их на следующие составляющие:

- Экологические проблемы начального периода создания ядерного оружия, когда необходимо было в короткие сроки обеспечить паритет ядерного потенциала СССР и США. Создание необходимых технологий сочеталось с недостаточным вниманием и знаниями в вопросах радиационной безопасности и радиоэкологии.
- Экологические последствия аварий и инцидентов для населения и персонала, а также окружающей среды за весь период функционирования ядерного комплекса СССР (России).
- Экологические риски современных ядерных технологий в нормальном режиме эксплуатации (в сравнении с другими техногенными экологическими рисками).
- Оценка потенциальной экологической безопасности ядерных технологий в будущем с учетом перспектив развития атомной энергетики. Место атомной энергетики в реализации стратегии устойчивого развития и преодоления последствий глобального изменения климата.

В целом же, объективный анализ данных по воздействию предприятий атомной энергетики и атомной промышленности на окружающую среду и здоровье населения показывает, что достигнутый уровень современных ядерных технологий России обеспечивает высокие уровни радиационной безопасности в нормальном режиме функционирования для населения и персонала.

1.2. Кольская АЭС и ее значение в энергосистеме Мурманской области

Энергетическая система Мурманской области. Развитие электроэнергетической системы на Кольском полуострове на первом этапе основывалось на строительстве гидроэлектрических станций (ГЭС). Строительство первой в Мурманской области ГЭС Нива-II было начато в 1930 г. в связи с необходимостью обеспечения электроэнергией апатитовых разработок в Кировске. В 1934 г. ГЭС пущена в эксплуатацию. Для электроснабжения города Мурманска и электрификации железной дороги в 1933 г. начато строительство второй ГЭС – Нижне-Тулумской, которая в январе 1937 г. была введена в эксплуатацию. С 1949 по 1961 гг. построены и введены в эксплуатацию ГЭС: Нива-III, Яникоски, Нива-I, Князегубская, Раякоски, Кайтакоски и Йовская. Удельный вес выработки электроэнергии гидростанциями до 1959 г. составлял 97 %. В 1959 г. он снизился до 90 %, в 1960 г. – до 65 %, а в 1961 г., с вводом в эксплуатацию конденсационной электростанции Кировской ГРЭС (Апатитская ТЭЦ), удельный вес выработки электроэнергии гидроэлектростанциями в Кольской энергосистеме составил 61% [Зархи, 1975]. В период с 1973 по 1984 гг. была введена в эксплуатацию КАЭС, которая стала основным производителем электроэнергии для Мурманской области и Республики Карелия [Фуртасв, Минин, 2018].

Основу экономики Мурманской области составляют энергоемкие отрасли промышленности – производство апатитового концентрата, никеля, меди, железной руды. Технологические процессы получения этой продукции связаны с большим потреблением электрической, тепловой энергии и котельно-печного топлива. Горнодобывающие и металлургические предприятия обеспечивают устойчивость экономики региона в значительной степени благодаря работе КАЭС, поставляющей электроэнергию для горнопромышленного комплекса.

В современных условиях спрос на энергию определяется тремя главными факторами – развитием экономики, эффективностью энергоиспользования и динамикой цен на энергоносители [Шуцкий, 1998]. Топливо-энергетический баланс региона формируется в основном за счет привозного топлива (угля, нефтепродуктов, ядерного горючего). Оно используется для выработки тепловой и электрической энергии, обеспечения работы транспорта, удовлетворения технологических нужд предприятий. Рост цен на органическое топливо способствует повышению тарифов на электрическую и тепловую энергию. В настоящее время возросло внимание к использованию на теплогенерирующих установках угля, стоимость которого существенно ниже. Но переход на уголь, калорийность которого ниже мазута, связан с соответствующим увеличением объемов поставок этого топлива, дополнительной нагрузкой на магистральный транспорт, усилением негативного воздействия на окружающую среду.

Из годового расхода топливно-энергетических ресурсов в Мурманской области (около 10 млн т условного топлива) 40% приходится на ресурсы ядерного топлива КАЭС. Гидроэнергоресурсы составляют 22%, остальные 38% приходится на органическое топливо (мазут, уголь, нефтепродукты, сжиженный газ) [Минин, 2017].

Топливо-энергетический баланс области отличается большой долей энергетических ресурсов, вырабатываемых на атомной станции и гидроэлектростанциях. Это значительно снижает нагрузку на магистральный железнодорожный транспорт по доставке топлива и улучшает экологическую ситуацию в регионе.

Кольская энергетическая система включает 17 гидроэлектростанций, 2 тепловых электростанции на органическом топливе, КАЭС и приливную электростанцию. Электростанции объединены в высоковольтную сеть (рис. 1.4) и работают под единым диспетчерским управлением. По системообразующим воздушным линиям напряжением 330 кВ обеспечивается передача электроэнергии в центральные и северные сети региона и в энергосистему Карелии [Минин, 2017].

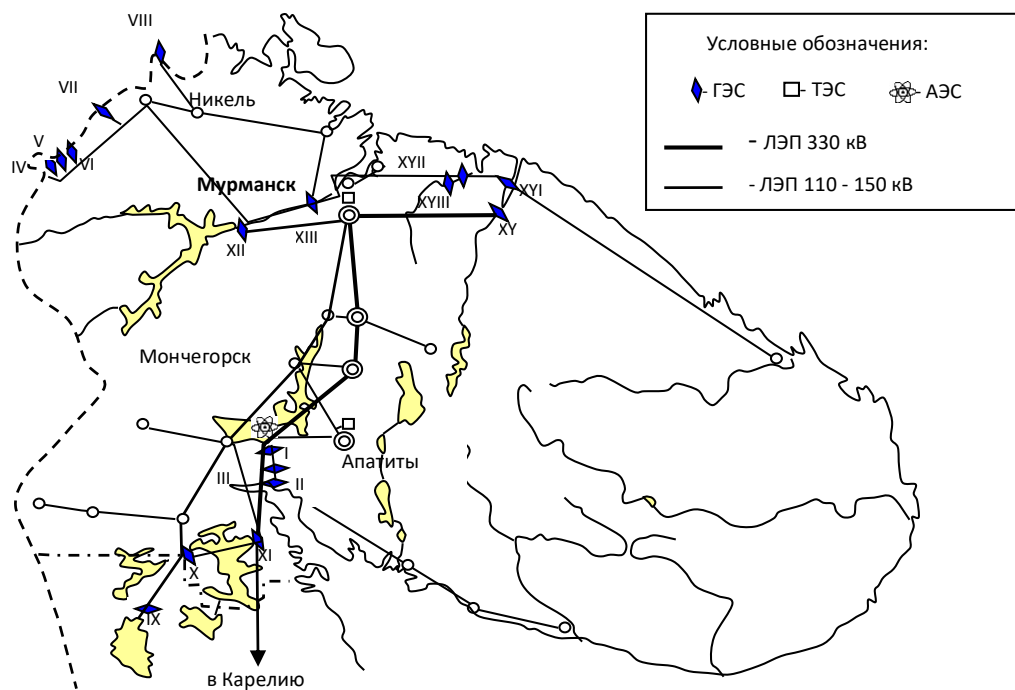


Рис. 1.4. Схема электрических сетей Кольской энергосистемы I-III и IX-XI – каскад Нивских ГЭС, IV-VIII – каскад Пазских ГЭС, XII-XIII, XV-XVIII – каскад Туломских и Серебрянских ГЭС [по: Минин, 2017]

Для распределения электроэнергии промышленным предприятиям и жилищно-коммунальному сектору Мурманской области используются распределительные сети напряжением 35, 110 и 150 кВ, также осуществляется экспорт электроэнергии в Финляндию и Норвегию. Потребление электрической энергии потребителями Мурманской области с 2013 г. стабильное (табл. 1.1).

Важная уникальная особенность Кольской энергосистемы в том, что практически весь объем генерируемой в Мурманской области электроэнергии вырабатывается на гидроэлектростанциях и КАЭС в соотношении 50/50, т.е. почти

Таблица 1.1. Показатели производства и потребления электроэнергии в Мурманской области в 2013–2019 гг., млрд. кВт·ч

Показатель	Годы						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Производство	16.9	16.5	16.5	17.1	17.4	17.2	16.7
Потребление	12.3	12.3	12.2	12.3	12.8	12.5	12.7
Экспорт	4.6	4.2	4.3	4.8	4.6	4.7	4.0

50% вырабатываемой электроэнергии (на 17 действующих гидроэлектростанциях филиала «Кольский» ОАО «ТГК-1») зависит от наличия необходимого объема воды в водохранилищах. Указанного сочетания гидро- и атомной генерации нет ни в одном субъекте РФ (а возможно и в мире). Высокая зависимость региона от гидрогенерации обуславливает необходимость наличия серьезного резерва мощности других источников, поскольку в «маловодные» годы с минимальным количеством осадков падение выработки на ГЭС должно чем-то восполняться. В случае с Мурманской областью таким источником резервной генерации является только КАЭС (поскольку на долю ТЭЦ здесь приходится менее 3% генерации). Наглядным примером такого «маловодного» был 2013 г., что проявилось в изменении соотношения гидро- и атомной генерации. Так, за первое полугодие 2013 г. в Мурманской области доля электроэнергии, произведенной атомной электростанцией, в общей выработке электроэнергии составила 57.4%, гидроэлектростанциями – 40.1%, теплоэлектростанциями – 2.5% [Доклад..., 2013].

КАЭС в энергетике региона. КАЭС – одна из первых отечественных крупных промышленных электростанций с серийными водо-водяными энергетическими реакторами (ВВЭР). Она является основным производителем электроэнергии для энергосистемы Мурманской области и Республики Карелия. Станция вводилась в эксплуатацию с 1973 по 1984 гг. в составе 4-х энергоблоков типа ВВЭР мощностью 440 МВт каждый [Фуртаев и др., 2017].

Характеристика особенностей современного организационно-правового статуса, экономических полномочий КАЭС как филиала ОАО «Концерн Росэнергоатом» и градообразующего предприятия, а также другая актуальная информация приведена в «Комплексном инвестиционном плане модернизации монопрофильного муниципального образования Полярные Зори Мурманской области» (КИП). Он разработан Администрацией города при содействии КАЭС в соответствии с поручением государственной Комиссии по повышению устойчивости экономики от 2009 г., в рамках антикризисных мер Правительства РФ, направленных, в том числе, на решение проблем моногородов.

В соответствии с Паспортами программ комплексного развития моногородов Мурманской области [http://mines.gov-murman.ru/content/devel_city/sub06/sub04], организационно КАЭС является обособленным подразделением в форме филиала

акционерного общества «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (АО «Концерн Росэнергоатом»). Филиал не является самостоятельным юридическим лицом, наделяется имуществом и осуществляет свою деятельность от имени АО «Концерн Росэнергоатом». Вся вырабатываемая КАЭС электроэнергия поставляется на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ). Вся электроэнергия, используемая станцией на собственные, хозяйственные и производственные нужды, покупается с ОРЭМ. Стоимость электроэнергии, в соответствии с правилами ОРЭМ, зависит от спроса и предложения.

Динамика производства электроэнергии КАЭС. Выработка электроэнергии энергоблоками КАЭС и основные технико-экономические показатели демонстрируют, что станция работает стабильно, вырабатывая ежегодно около 10 млрд кВт·ч (рис. 1.5, табл. 1.2)

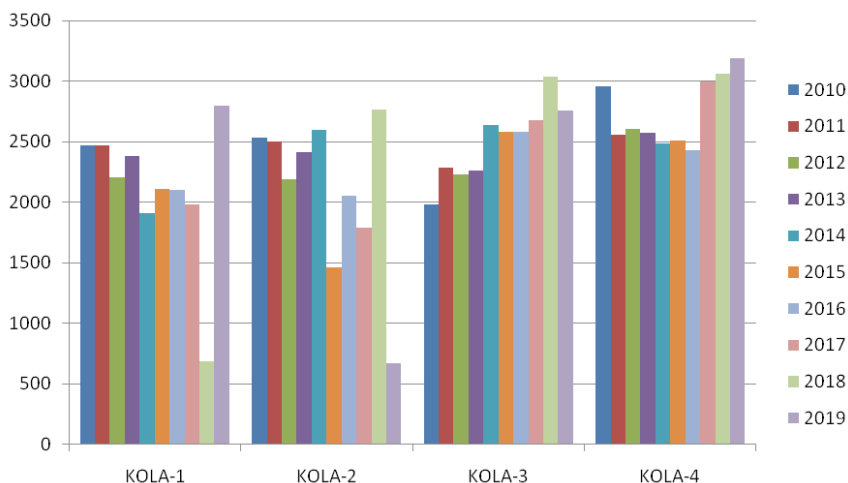


Рис. 1.5. Производство электроэнергии Кольской АЭС, млрд. кВт·ч

В осенне-зимний период средняя нагрузка на четыре энергоблока КАЭС составляет около 1500 МВт. С учетом падения располагаемой мощности ГЭС в зимний период, вывод из эксплуатации хотя бы одного энергоблока может привести к энергодефициту в Кольской энергосистеме. Располагаемая выработка КАЭС с учетом продления срока эксплуатации и повышения мощности блоков 3 и 4 составляет 14 млрд. кВт·ч в год [Фуртаев и др., 2017].

В последние годы в регионе растёт объём перетока электроэнергии в Карелию. Рост перетока, как и рост промышленного производства в Мурманской области, позволяют дозагрузить свободные мощности КАЭС и повысить эффективность ее работы. Поэтому крайне важна поддержка реализации энергоёмких инвестиционных проектов в Карело-Кольском регионе на всех уровнях.

В холодном резерве на АЭС практически всегда находится один турбогенератор (220 МВт), работа остального оборудования зависит от режимных условий, задаваемых

Таблица 1.2. Производственные показатели КАЭС в 2019 г.

Показатели	Единица измерения	Значение
Выработано электроэнергии	млн. кВт·ч	10071,86
По отношению к 2018 г.	%	98,4
Выполнение задания Федеральной антимонопольной службы РФ в 2019 г.	%	98,7
Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) в 2019 г.	%	65,33
КИУМ в 2019 г. по отношению к 2018 г.	%	98,7

АО «СО ЕЭС». Имеются диспетчерские ограничения по выработке электроэнергии КАЭС в весенне-летний период в связи с паводковой ситуацией и необходимостью дополнительной загрузки ГЭС филиала «Кольский» АО «ТЭК-1» [Фуртаев и др., 2017].

Невыполнение задания по выработке электроэнергии связано с диспетчерскими ограничениями.

1.3. Характеристика района эксплуатации КАЭС в контексте социально-экономической ситуации в Мурманской области

КАЭС расположена в южной части Мурманской области на территории муниципального образования Полярные Зори, имеющего статус городского округа, Мурманской области. Помимо города Полярные Зори, в состав муниципалитета входят еще два сельских населенных пункта – Африканда и Зашеек. Кольская АЭС размещена на полуострове, отделяющем Иокостровскую Имандру от Бабинской Имандры на расстоянии 35 км севернее города Кандалакша и в 11 км от города Полярные Зори.

КАЭС играет не только ключевую роль в энергосистеме региона, но и обеспечивает заметный вклад в бюджет региона и, особенно, города Полярные Зори. Сумма налоговых перечислений в местный бюджет в 2019 г. составила 165.0 млн. руб., что превысило половину всех налоговых доходов города. Общая сумма отчислений в бюджетную систему в том же году составила 2439.7 млн руб., из них в областной бюджет – почти 2274.7 млрд руб.

Сегодня город Полярные Зори в отношении уровня жизни – один из наиболее благополучных в Мурманской области. В 2018 г. среднемесячная заработная плата в муниципалитете (89.9 тыс. руб.) более чем в 1.5 раза превышала среднюю по области (57.6 тыс. руб.)¹ и почти в 6 раз величину регионального прожиточного мини-

¹ Составлено на основе базы данных Федеральной службы государственной статистики показателей муниципальных образований URL: https://rosstat.gov.ru/scripts/db_inet2/passport/ и с использованием данных средней заработной платы по регионам РФ URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries

Таблица 1.3. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в целом

Субъект	Среднемесячная заработная плата (руб.) 2018 г.
Российская Федерация	43431
СЗФО	49483
Мурманская обл.	57612
Полярные Зори	89939

мума трудоспособного населения (15439 руб.)², что обусловлено, главным образом, высоким уровнем оплаты труда на градообразующем предприятии, связанной с высокими требованиями к квалификации, напряженности и качеству работы сотрудников КАЭС (табл. 1.3).

Как подчеркнуто в п. 1.1., КАЭС имеет решающее значение для экономики Мурманской области и всего Северо-Западного федерального округа (СЗФО). Надежное электроснабжение экономики и населения Мурманской области, во многом обеспечиваемое КАЭС, определяет сохранение и укрепление позиций этого стратегически важного для страны региона.

Прогноз развития Мурманской области [Постановление..., <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/5100201911050002?index=10&rangeSize=10>] предполагает, что в энергетике индекс производства в 2022 г составит 100 % по отношению к 2018 г. Рост энергопотребления будут сдерживать: реализация мер по повышению энергоэффективности экономики, разработка и внедрение энергосберегающих технологий, выведение неэффективных мощностей, сокращение потерь электроэнергии. В структуре потребления электроэнергии по-прежнему основную долю (порядка 70 %) будут занимать промышленные потребители. К концу прогнозного периода основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию, как и прежде, будут нести КАЭС (57 % выработки электроэнергии области) и гидроэлектростанции (порядка 38 %). Доля электроэнергии, произведенной с использованием тепловых электростанций и альтернативных источников энергии, составит около 5 % в структуре генерирующих мощностей.

Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2019 году» [2020] делит территории субъектов Федерации по группам преимущественного влияния факторов среды обитания. Согласно этому делению, Мурманская область включена в 4-й кластер, где среднее влияние на состояние здоровья населения санитарно-гигиенических факторов на фоне слабого влияния социально-экономических факторов и сильного – факторов образа жизни.

² Постановление правительства Мурманской области от 8 ноября 2018 г. № 507-ПП «Об установлении величины прожиточного минимума на душу населения и по основным социально-демографическим группам населения по Мурманской области»

Состояние среды обитания населения г. Полярные Зори с подведомственной территорией и персонала предприятий концерна «Росэнергоатом» оценивается путем ведения социально-гигиенического мониторинга с использованием материалов мероприятий по надзору и результатов производственного контроля на предприятиях и в учреждениях города, выполненного Межрегиональным управлением №118 в порядке оказания услуг. По данным «Докладов³ о состоянии окружающей среды Мурманской области», радиационную обстановку на территории МО г. Полярные Зори и в районе размещения КАЭС можно считать удовлетворительной, поскольку она в целом отвечает требованиям санитарного законодательства. Длительный мониторинг радиологических показателей не подтверждает неблагоприятного воздействия деятельности КАЭС на среду обитания человека. Влияние Кольской АЭС в режиме нормальной эксплуатации на радиационную обстановку в районе её расположения пренебрежимо мало.

КАЭС относится к предприятиям ядерно-топливного комплекса и представляет потенциальную опасность, поэтому вопросам радиационной обстановки в районе расположения атомной станции уделяется большое внимание. В отличие от других вредных факторов (повышенные шум, вибрация, температура воздуха и т.д.) ионизирующее излучение не воспринимается органами чувств человека, и опасность для здоровья могут представлять даже его минимальные дозы.

По данным Доклада о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2019 г. [2020], средняя годовая эффективная доза природного и техногенного-измененного радиационного фона составила на каждого жителя муниципального образования г. Полярные Зори в 2019 г. 3.45 мЗв/год. Наибольшая часть дозы облучения населения формируется за счет ингаляции изотопов радона и их короткоживущих дочерних продуктов распада в воздухе помещений – в среднем 63.77%. Внешнее облучение гамма-излучением природных радионуклидов составляет 15.65% дозы природного облучения, космическое излучение – 11.6%. На долю остальных природных источников приходится чуть более 10%. Годовая коллективная эффективная доза облучения населения в районе расположения КАЭС за счет выбросов и сбросов в 2019 г. составила 0.03789 чел.в/год.

Структура доз облучения населения, по сравнению с предыдущими годами, не претерпела существенных изменений. Основными факторами в формировании годовой коллективной дозы облучения населения по-прежнему остаются природные источники и медицинские исследования.

Деятельность Кольской АЭС связана со сбросами и выбросами радиоактивных веществ. Превышение величин установленных контрольных уровней по выбросам и сбросам и нормативов ПДВ и ПДС не зафиксировано. Аварийных ситуаций, сопровождаемых выбросами и сбросами радиоактивных веществ, не зарегистрировано.

³ Доклады о состоянии окружающей среды Мурманской области за 2018 и 2019 годы. Доступно: URL: <https://mpr.gov-murman.ru/activities/okhrana-okruzhayushchey-sredy/00.condition/index.php>

Активность радионуклидов в выбросах и сбросах КАЭС находятся на стабильном уровне и значительно ниже установленных в «Санитарных правилах проектирования и эксплуатации атомных станций» [СП АС-03] [Доклад..., 2019].

По данным многолетних исследований, выполняемых Межрегиональным управлением №118 и лабораторией Охраны окружающей среды Кольской АЭС, установлено, что значения активности радионуклидов в воде поверхностного источника питьевого водоснабжения и воде поверхностных источников (не используемых в целях водоснабжения) в районе размещения Кольской АЭС в несколько раз ниже значений, регламентируемых СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009). Поступления радионуклидов с грунтовыми водами за пределы территории КАЭС не обнаружено.

Колебания удельной активности радионуклидов в исследуемых объектах окружающей среды не превышают уровня средних многолетних величин природного радиационного фона. Наибольшее значение удельной активности радионуклида ^{137}Cs наблюдается в таких объектах окружающей среды как ягель, водоросли. Наибольшие значения удельной активности ^{90}Sr отмечается в хвое ели, водорослях. Активность радионуклидов в вышеперечисленных объектах окружающей среды существующими нормативными документами не регламентирована, оценка этих показателей проводится путем сравнения с показателями предыдущих лет. КАЭС разработан и согласован с Межрегиональным управлением №118 документ, устанавливающий контрольные уровни радиационных факторов во всех контролируемых средах. В 2018 г. превышений контрольных уровней не зафиксировано [Доклад..., 2018].

Глава 2 Физико-географический очерк

Район исследований расположен в центральной части Мурманской области. Это территория, ограниченная двумя окружностями радиусами 15-км и 30-км с центром между вентиляционными трубами первой и второй очереди КАЭС (рис. 2.1). Исследованная территория в радиусе 30 км от КАЭС расположена в пределах пяти административных районов: г. Полярные Зори с подведомственной территорией, г. Апатиты с подведомственной территорией, г. Мончегорск подведомственной территорией, Кандалакшский и Ковдорский районы (рис. 2.1).

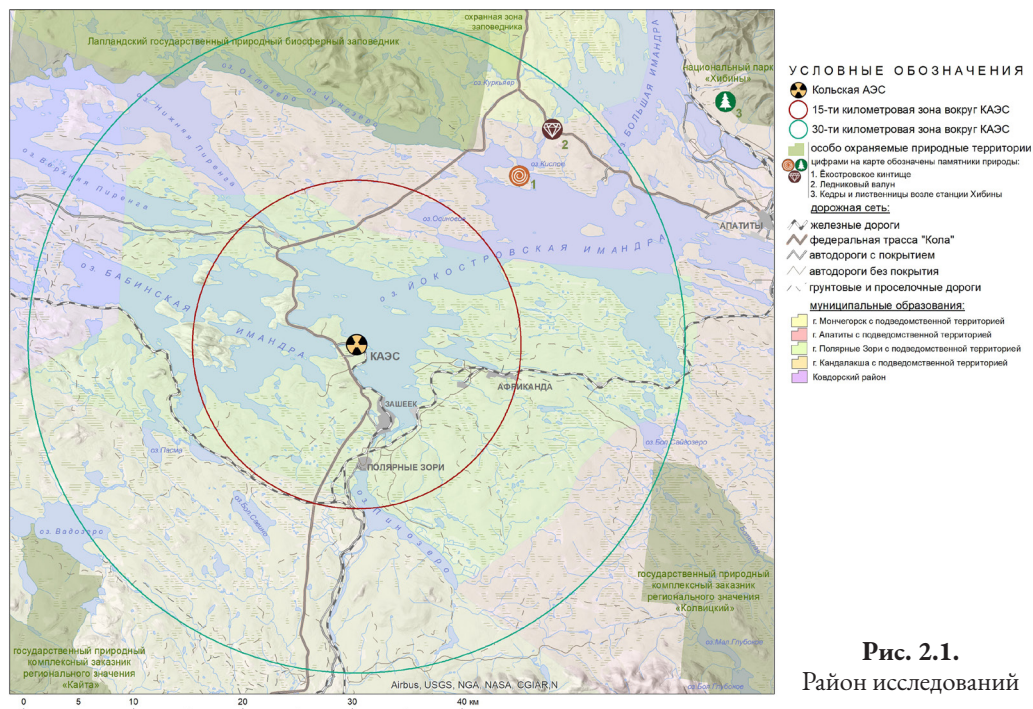


Рис. 2.1.
Район исследований

Весь район находится за Полярным кругом, поэтому здесь есть летний период полярного дня с 31 мая по 13 июля и зимний – полярной ночи, с 21 по 23 декабря (на широте г. Полярные Зори). Район относится к атлантико-арктической зоне умеренного климата с преобладанием теплых воздушных потоков из северной Атлантики и холодных – из атлантического сектора Арктики [Алисов, 1956; Атлас..., 1971]. Температурный режим, как и в целом в Мурманской области, формируется

под влиянием радиационного режима, относительной близости незамерзающего Баренцева моря и теплых атлантических воздушных масс в холодный период года, а также характера подстилающей поверхности. Кроме того, на термический режим влияют высота и форма мезорельефа, растительность, непосредственная близость крупного озера Имандра и других озер, городская застройка.

Всем сезонам года здесь свойственны значительные температурные колебания. По данным метеостанции Зашеек (высота 151 м н. ур. м.), самая высокая среднемесячная температура наблюдается в июле – +13.8°C. Начиная с конца августа, температура воздуха понижается, во второй половине октября переходит через 0°C. Самый холодный месяц – февраль, когда среднемесячная температура составляет –12.7°C [Справочник..., 1966, 1969]. Вегетационный период (число дней с температурой более +5°C) составляет 119 дней, сумма температур вегетационного периода – +1300°C, среднегодовая температура +2°C, средняя температура января от –9°C до –14°C, средняя температура июля от +11°C до +15°C, максимальные летние температуры (в июле) +30 – +33°C, средняя температура теплого сезона (май – сентябрь) от +7.5°C до +10.6°C [Справочник..., 1973]. Отрицательные температуры на короткое время могут устанавливаться в любом летнем месяце.

Среднее годовое количество осадков составляет 635 мм (от 600 мм на равнинных участках до 700–900 мм в горных массивах) [Справочник..., 1975]. Около половины из них выпадает в зимнее время в виде снега. Высота снежного покрова достигает максимума в конце марта (150–170 см). Число дней со снежным покровом колеблется от 190 до 200.

Ветровой режим характерен для регионов с муссонным климатом: зимой преобладают южные ветры, летом — северные. Холмистый равнинный рельеф района исследований обуславливает преобладание ветров сравнительно невысоких скоростей: средние месячные скорости ветра находятся в интервале 3–4 м/с.

В геоморфологическом отношении район исследований относится к Пиренго-Канозерской морфоструктуре, расположенной к югу Хибинских гор и от оз. Пиренги до Канозера. Это слаборасчлененная холмистая равнина с высотными отметками 100–150 м, со слабонаклонным сглаженным и увалистым структурно-денудационным рельефом. В северной и восточной частях района широко развит холмистый рельеф последниковой морены – конечные моренные гряды, камы, озы и зандровые конусы [Экологический атлас..., 1999; Пожиленко и др., 2002].

На севере 30-км зоны расположена южная оконечность гор Чуна-тундра, которые представляют фрагмент наиболее высокой Заимандровской морфоструктуры, геологическая основа которой – главным образом, массив основных габброидных пород Главного хребта. Проявленные в рельефе тектонические разрывы (ущелья, долины, уступы) имеют северо-западную и меридиональную ориентировку. С юга к 30-км зоне вокруг КАЭС примыкает Колвицкая морфоструктура слабо расчлененных горных массивов высотой 500–800 м, сложенных породами гранулитовой формации. Для нее характерны озерно-ледниковые равнины и холмисто-моренные возвышенности, уступами снижающиеся к Кандалакшскому заливу.

В геологическом отношении территория принадлежит в основном к Кандалакшскому рудному району. Преобладающие породы – биотитовые и амфибол-биотитовые гнейсы, мигматиты, гранито-гнейсы и пластообразные тела амфиболитов [Пожиленко и др., 2002]. Кроме того, южный отрог хребта Чуна-тундра на севере 30-км зоны вокруг КАЭС относится к Мончегорско-Апатитскому рудному району и представляет собой фрагмент габбро-анортозитового массива Главного хребта. В районе встречаются нескольких интрузивов ультраосновных-щелочных пород – округлые в очертаниях массивы Африканда и Лесная варака, расположенные в центральной части района исследований.

В массиве Африканда было выявлено перовскит-титаномагнетитовое месторождение, амфиболовые рудные пироксениты расположены в ядре массива, рассеяны щелочными пегматитами и окружены сплошным кольцом ийолитов. Добыча перовскит-титаномагнетитовой руды велась в 1950-е гг. на открытом карьере. В массиве Лесная варака находится месторождение рудных оливинитов с никеленосным магнетитом и магнезиальных огнеупоров, разработка шла непродолжительное время на небольшом карьере в конце 1990-х гг. Кроме того, на обоих массивах представлены карбонатиты в виде маломощных зон или жил, в Африканде – дайки рудных щелочных пегматитов и кимберлитоподобных пикритовых порфиринов [Афанасьев, 2011].

Материнскими породами для почвообразования в Мурманской области являются в основном моренные мелкозернистые отложения (суглинок или супесь), содержащие 20–25% гальки и валунов слабой или средней окатанности, в меньшей степени — элювий кристаллических пород и, наконец, суглинки морского и ледниково-озерного генезиса. Значительной мощности (до 100 м) четвертичные отложения достигают только в понижениях рельефа, а большая часть территории покрыта очень тонким слоем четвертичных отложений, который в некоторых местах прерывается выходами коренных пород.

В соответствии с зональными условиями почвообразования на дренируемых грунтах образуются подзолистые почвы, преобладают иллювиально-гумусовые железистые подзолы [Белов, Барановская, 1969], в заболоченных местообитаниях – подзолисто-болотные и торфяно-болотные почвы. Дерновые почвы имеют очень незначительное распространение под участками с луговой растительностью. В горных тундрах сформированы среднеподзолистые почвы и горно-тундровые подбуры.

Согласно ландшафтному делению Мурманской области район исследования полностью расположен в таёжной провинции, северо-таежной подпровинции, большей частью в Куласозеро-Имандровском ландшафте приозерных равнин, низких варак, единичных тунтури и грядово- и кочковато-мочажинных болот [Казакова, 1971]. Южная часть 30-км зоны вокруг КАЭС относится к Ваянварско-Колвицкому ландшафту низких гор, тунтури и озер. С севера, в южной части хребта Чуна-тундра выражен среднегорный Чунатундровский ландшафт.

Наибольшую площадь в исследованном районе занимают сосновые, в меньшей степени – еловые и елово-мелколиственные леса (рис. 2.2). Понижения рельефа



Рис. 2.2. Ландшафты окрестностей КАЭС. Фото М. Кожина

заняты грядово-мочажинами (аапа) и кочковато-ковровыми болотами, а также лесо-болотными комплексами, юго-западной акваторией оз. Имандра и небольшими озерами.

Вертикальная поясность представлена более или менее отчетливо лишь в формах рельефа с абсолютными отметками 300 м и более. Здесь присутствуют лесотундровые березовые криволеся и мелколеся (иногда с примесью искривленных, кустовидных и стланиковых форм сосны). На вершинах южного отрога Чуна-тундры и на горе Лысой¹ выражен горно-тундровый пояс.

В настоящее время природные ландшафты в районе исследований значительно изменены под влиянием хозяйственной деятельности человека: вырублена и выгорела большая часть лесов, изменился гидрохимический режим оз. Имандры, канализована река Нива, изменился состав микроэлементов в почвах и в поверхностных водах.

¹ Гора Лысая имеет ряд других названий: гора Зашеек, поскольку располагается близ стока озера Имандра в реку Ниву, Сара-тундра, что означает островная тундра по-фински (Saari-Tunturi), или Сырая тундра.

Глава 3

Растительный мир

3.1. Растительность и флора

Растительный мир территории окрестностей КАЭС привлекал внимание ботаников с середины XIX века. В окрестностях современного пос. Зашеек проходил тракт Кандалакша – Кола, по которому путешествовали многие естествоиспытатели XIX века. Первыми свидетельствами ботанических исследований в окрестностях станции являются сборы экспедиции, организованной Зоолого-ботаническим обществом Финляндии. В ней приняли участие известный финский ботаник Н. И. Фелльман и миколог П. А. Карстен. Они собрали небольшие ботанические коллекции в окрестностях Зашейка в начале августа 1861 г. [Sennikov, Kozhin, 2018]. В конце XIX века по Русской Лапландии путешествовали при поддержке Зоолого-ботанического общества Финляндии энтомологи Р. Б. Энвальд и Г. Б. Холльмен, которые также собирали ботанические коллекции (рис. 3.1) [Uotila, 2013]. Они впервые посетили гору близ Зашейка и собрали ряд редких видов.

Русские ботаники впервые посетили эту территорию в начале XX века. В 1909 г. ботаник из Санкт-Петербургского Императорского Ботанического сада Р. Р. Поле собирал коллекции растений в окрестностях почтовой станции и побывал на горе Лысой. По результатам поездки были опубликованы очень краткие сведения о растительности этой территории. Позднее, в 1925 г. в ходе работ изыскательской партии Колонизационного отдела Мурманской железной дороги под руководством К. Ф. Маляревского, ботанические наблюдения проводил Ю. Д. Цинзерлинг, который составил краткий геоботанический очерк



Рис. 3.1. Осока ледниковая, собранная Р. Б. Энвальдом и Г. Б. Холльменом с горы Лысой; сбор хранится в Ботаническом музее Университета города Хельсинки



Рис. 3.2. Костенец зеленый, собранный Ю. Д. Цинзерлингом на горе Лысая; сбор хранится в Ботаническом институте РАН

территории и собрал гербарную коллекцию (рис. 3.2) [Цинзерлинг, 1929]. Маршруты Цинзерлинга проходили к югу от поселка, где он обследовал сосновые и еловые леса на берегу реки, обширное болото, которое сейчас располагается между Зашейком и городом Полярные Зори; он обратил внимание на перспективность мелиорации болота и использовании его ресурсов в народном хозяйстве. Отдельный маршрут был совершен на гору Лысую в окрестностях станции, где Цинзерлинг описал характер смены поясов растительности и привёл находки редких видов. Позднее, в 1950 г. в ближайших окрестностях пос. Зашеек на полях подсобного хозяйства лесокомбината Е. В. Шлякова проводила краткосрочные наблюдения за сорными растениями полей. Других специальных ботанических работ в окрестностях территории станции до начала XXI века не проводилось.

В 2000-х гг. флору в окрестностях города Полярные Зори изучала студентка Кольского филиала Петрозаводского государственного университета С. Ф. Ушамова [Кизеев, Ушамова, 2009]. Она обследовала территорию города и его окрестности и составила предварительный список видов флоры, который был использован А. А. Похилько при подготовке предыдущего издания книги о природе окрестностей КАЭС. Также по материалам дипломной работы С. Ф. Ушамовой было подготовлено краткое описание основных растительных сообществ [Маслобоев и др., 2010].

Этим ограничивается перечень проведенных ботанических работ; имеющиеся сведения не описывают всего разнообразия растительного мира. В связи с этим возникает необходимость подготовки информации по разным группам растений, лишайников и грибов, обитающих в радиусе 15-км зоны вокруг КАЭС, как основы для дальнейшего мониторинга изменений природной среды.

Растительность

В соответствии с картой «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» [Сафронова и др., 1999], территория 15-км зоны вокруг КАЭС включает участок подзоны северной тайги таежной зоны и участок гипоарктического (таежного) восточноевропейского типа поясности горной раститель-

ности. В целом для северотаежных восточноскандинавских (кольско-карельских) лесов характерно преобладание сосны и ели. В кустарничковом ярусе господствует вереск, черника, голубика, багульник, а также вороника, преобладание которой в лесах свойственно именно для Мурманской области. Широкое распространение имеют грядово-мочажинные травяно-сфагново-гипновые запа болота. Для горных районов характерна смена растительных поясов от таежных лесов, через редколесья и заросли карликовой березки к горным тундрам по мере поднятия в горы.

Территория исследований представляет собой слабохолмистую равнину, занятую хвойными лесами и обширными болотами, примыкающую к изрезанной береговой линии озера Имандра (рис. 3.3). В 3.5 км от КАЭС располагается небольшая одинокая гора Лысая (399 м н. ур. м.). Ниже представлен краткий очерк растительности района исследований. В приложение 1 помещен список биотопов и их характеристика.

Северо-таежные леса. На возвышенных не заболоченных участках широко распространены сосновые и елово-сосновые лишайниковые и кустарничковые леса (рис. 3.4). В древостое преобладают сосна обыкновенная, ель финская и березы. Береза повислая обычно встречается в сухих сосняках на песчаной и песчано-каменистой почве, а субарктическая береза приурочена к более влажным елово-сосновым лесам. Иногда встречается небольшая примесь осины или козьей ивы. Большинство лесов территории является производными, т.е. восстановившимися насаждениями после вырубок на протяжении почти всего XX века. С 1924 г. по 1990-е гг. в поселке Зашеек работал лесокомбинат. В начале его деятельности были сведены почти все ближайшие насаждения вблизи недавно построенной железной дороги, а также на берегах озера Имандра. В последующие годы рубками были пройдены и более труд-



Рис. 3.3. Растительный покров окрестностей КАЭС. Фото М. Кожина



Рис. 3.4. Сосновые зеленомошный лес, пройденный пожаром и рубкой.
Фото М. Кожина

нодоступные участки. Формирование новых производных древостоев шло за счет сохраненного при рубке подроста и молодняка, находящегося под пологом древостоев [Маслобоев и др., 2010]. Поэтому большинство лесов имеют возраст не более 100 лет. Другим важным фактором в динамике сосновых лесов являются пожары, большинство которых возникает по вине человека (рис. 3.4).

Для сосновых и елово-сосновых лесов окрестностей станции характерно почти полное отсутствие подлеска, лишь изредка встречается можжевельник си-

бирский, ивы филиколистная и сизая, а также порослевая осина, образующая обширные пятна низкорослых зарослей. В напочвенном покрове преобладают вересковые кустарнички или лишайники и мхи. Среди кустарничков наиболее обычны брусника, вороника, черника, толокнянка и арктоус; в заболоченных участках встречается голубика и багульник, а на месте бывших заросших гарей обычен вереск. В небольшом обилии, но постоянно присутствует плаун сплюснутый, марьянник луговой, овсик извилистый и линнея северная. Среди лишайников преобладают разные виды ягеля: кладонии оленья, лесная, древовидная, дюймовая и стройная, а также обычны пельтигеры и цетрария исландская. Из мхов наиболее обычны и часто обильны плеуроциум Шребера, гилокомиум блестящий и разные виды дикранумов. Современный город Полярные Зори и КАЭС располагаются на месте сосновых и елово-сосновых лесов, поскольку эти участки были наиболее удобны для строительства.

В небольших понижениях и узкой полосой вдоль рек встречаются еловые травяно-кустарничковые леса. В их древостое преобладает финская ель, субарктическая береза, реже встречается осина. В лесах вдоль реки Нивы в подлеске обычны можжевельник, филиколистная, лопарская и копьевидная ивы, голубая жимолость, волчье лыко, колосистая смородина; очень редко встречается черная смородина. Травяно-кустарничковый ярус отличается значительным разнообразием. Помимо черники, голубики, брусники, здесь обычны мелкие папоротники (голокучник Линнея и буковник), герань лесная, шведский дерен, хвощи лесной, луговой и полевой, осока ситничек, костяника, княженика, бодяк разнолистный, белокопытник холодный, плаун годичный; в обводненных участках обычны таволга и крапива Сондена. Моховой покров состоит из климациума древовидного и псевдобриума. По мере приближения к речному руслу увеличивается участие ив, а также появляются мытник царский скипетр, осоки острая и вздутая, подмаренники северный и топяной, сердечник зубчатый, фиалка лысая, заборный горошек и калужница.

В еловых лесах (рис. 3.5), в небольших понижениях и логах, в местах с натечным увлажнением, в древостое большое участие принимают осина и субарктическая бе-

реза, иногда осина выступает в роли доминирующей породы. Кустарниковый ярус менее выражен, изредка встречаются сизая и филиколистная ивы и серая (реже, кольская) ольха. Среди трав обычно преобладает голокучник и герань лесная. С меньшим обилием встречаются перловник поникший, костяника, ожика лесная, осока влагищная, горькушка альпийская, дудник лесной, одноцветка, баранец обыкновенный, тайник сердцевидный и ладьян трехнадрезный. Моховой покров разреженный, в нем обычны плагиомниум.



Рис. 3.5. Еловый травяно-кустарничковый мелкопапоротниковый лес.

Фото М. Кожина

Болота. Обширные пространства между небольшими моренными холмами заняты болотами с мелкими озерками среди них. Болотная растительность территории окрестностей АЭС отличается разнообразием типов растительных сообществ и сложной горизонтальной структурой (рис. 3.6). Наибольшее распространение имеют аапа-болота лапландского типа, для которых характерны различные типы питания в одном болотном массиве. В центре болота обычно располагаются мезо-евтрофные мочажины с осокой свинцово-зеленой, ситником стигийским, мытником болотным, ежеголовником северным, пузырчаткой средней и мхом скорпидиумом скорпионовым, к которым примыкают небольшие болотные озерки и приозерные сфагновые сплавины с осокой струннокоренной, топяной и вздутой, росянкой английской, пухоносом альпийским, болотной клюквой и вахтой. Обширные площади среди аапа-комплексов занимают мезотрофные болота с доминированием молинии голубой, пухоноса дернистого, осокой волосистоплодной и покровом из сфагновых и гипновых мхов. Здесь обычны лапчатка прямостоячая, или калган, сабельник болотный, подбел, тофилдия маленькая и плаунок. Изредка встречаются невысокие кусты черничной и сизой ивы. Ближе к периферии болота распространены мезо-олиготрофные или олиготрофные участки или небольшие гряды с редким низкорослым сосновым лесом и густым покровом из бурого сфагнума. Они покрыты низкорослыми кустами карликовой березки, плотными дерновинами пушицы влагищной, вороникой, голубикой, багульником, моршшкой и подбелом. По краям гряд нередко встречается круглолистная росянка, мелкоплодная клюква, мхи аулакомниум болотный и дикранум волнистый и куртинки печеночников. По периферии аапа-комплексов располагаются сосновые сфагновые леса с доминированием шаровидной осоки, которая образует обширные заросли. На мелководье болотных озерков растут отдельные заросли вздутой осоки; в этих местообитаниях Ю. Д. Цинзерлинг [1929] отмечал вех ядовитый — опасное для человека растение. Значительно реже в местах с бедным атмосферным питанием встречаются олиготрофные сфагновые болота с редкими соснами. Для них характерен густой покров из бурого сфагну-



Рис. 3.6. Болотный массив
в окрестностях города Полярные Зори.
Фото М. Кожина

краю ручьев на мокрой почве растет жирянка обыкновенная, живородящий горец, плаунок, фиалка лысая и одноцветка. В моховом покрове преобладают гипновые мхи, среди которых обычны палуделла растопыренная, гелодиум Бландова, бриум четырехгранный и страминергон соломенно-желтый.

Водная растительность. В окрестностях КАЭС значительные площади занимают водные объекты. К западу и востоку располагается Бабинская и Экостровская Имандры, а к северу — озера Осиновое и Нижняя Пиренга. Берега озер песчано-каменистые, каменистые и песчаные. Водная растительность развивается на мелководьях в прогреваемых и защищенных от ветро-волновой активности губах и заливах крупных озер и по мелководьям малых озер на глубинах до 5 м. Растительные сообщества, как правило, бедны видами и слабо сомкнутые. На песчаных и валунно-песчаных мелководьях до 3 м глубины распространены разреженные сообщества из рдестов злакового и продырявленного, а также разреженные куртины шелковников, иногда с примесью ежеголовников северного и длиннолистного. На глубинах до 3-5 м обычен рдест длиннейший, растущий одиночно или образующий негустые заросли. В кутовых мелководных участках губ встречаются более богатые видами сообщества, в которых обычны полушник колючеспоровый, лютик ползаящий, шилолистник водяной, рдест Берхтольда и др. В быстротекущих речных водах обычен рдест злаковый и уруть очередноцветковая. В технологическом канале КАЭС после сброса вод они образуют обширные сообщества, густо покрывающие дно мелководий.

Среди прибрежно-водной растительности наибольшие площади занимают заросли тростника, который иногда покрывает все мелководья озерных бухт. Часто по краю озер располагаются узкие прерывистые заросли из осоки вздутой, водной и острой. Приречный хвощ нередко формирует ленточные заросли вдоль низких берегов. Иногда по периферии озер располагаются осоковые приозерные болота, в которых доминируют осоки двутычинковая, сероватая и вздутая; иногда обширные участки занимают заросли водной осоки, среди которой единично присутствуют другие виды, например, подмаренник болотный или сабельник.

ма, обилие вереска, морошки, брусники и голубики, а также пятна лишайников (кладонии оленьей, лесной и цетрарии исландской).

Вдоль небольших ручьев и рек узкой полосой тянутся разнотравные болотца или фрагменты заболоченных травяных лесов, которые отличаются обилием и разнообразием травяного яруса. Обычно присутствует кровохлебка, пушица широколистная, костяника, герань лесная, осока желтая, горькушка, купальница европейская, белозор болотный, ятрышник пятнистый. По

Растительность горы Лыся.

Одним из наиболее примечательных объектов с точки зрения разнообразия растительного покрова является гора Лыся – единственное значимое поднятие в 15-км зоне вокруг КАЭС. Она сложена гнейсовыми горными породами. В подножье этой горы и на ее склонах до 270-300 м над уровнем моря распространены сосновые с березой субарктические кустарничковые относительно бедные видами леса с вороникой и мохово-лишайниковым покровом. На



Рис. 3.7. Тундры на горе Лыся.

Фото М. Кожина

каменистых обнажениях гнейсов встречаются скальные сосняки, где в напочвенном покрове преобладают разные виды ягеля (лесная, звездчатая и оленья кладонии). В верхней части лесного пояса наблюдаются травяные мелко-папоротниковые еловые и елово-березовые леса, отличающиеся богатством и пышностью травяного яруса из герани лесной, голокучника Линнея, кочедыжника женского, костяники, гравилата речного, буковника, перловника поникшего, бора развесистого, астрагала холодного, пололепестника и др. Отдельными зарослями встречается цицербита альпийская и вороний глаз. Характерной чертой этих лесов является постоянное присутствие в подлеске филиколистной и сизой ив, рябины и ольхи. Подобные богатые таежные горные леса характерны и для других гор Кольского полуострова. Выше еловых лесов располагается узкая прерывистая полоска криволесий из березы Черепанова, в которых широко распространена карликовая березка, черника, брусника, голубика и шведский дерен. Здесь начинают появляться первые тундровые кустарнички (филлодоце голубая) в местах залеживания снега. На вертикальных стенках обнажений гнейса по трещинам растут единичные камнеломка снежная, вудсия эльбская и пузырник ломкий. Выше березовых криволесий, на высоте 330–370 м над уровнем моря, располагаются участки горных тундр (рис. 3.7), среди которых встречаются отдельно стоящие низкорослые сосны, березы и реже ели. На почве образуют густой покров кустистые лишайники (цетрария снежная, городчатая и исландская, кладония лесная, оленья и мрачная, алектория бледно-охряная, говардия черноватая, сферофорус шаровидный и тамнолия). Из высших растений обычны карликовая березка, вороника, брусника, иногда отдельные пятна арктоуса альпийского, толокнянки, плаунов годичного и куропаточьего, двурядника альпийского и мытника лапландского.

Среди щелнистых тундр нередко растет остролодочник грязноватый, диапенсия лапландская, кальмия лежачая, гвоздика пышная и тимьян субарктический. В небольших ложбинах, на склонах северной экспозиции, где залеживается снег, обнаружена ива сетчатая, характерная для относительно высоких горных тундр Кольского полуострова. На вершине горы, среди горной тундры, на эродированных участках мелкозе-

ма и россыпей камней встречаются осока ледниковая, ситник трехраздельный, баранец арктический и овсяница овечья. По гнейсовым скальным обнажениям – изредка костенец зеленый и, очень редко, криптограмма курчавая. Многие из этих видов отмечены только в сообществах горы Лысая и в нигде более в окрестностях станции.

Антропогенная растительность. Первые антропогенные сообщества здесь появились не позднее времени образования почтовой станции в Зашейке. В окрестностях жилья стали появляться суходольные луговые сообщества, нехарактерные для естественных ненарушенных местообитаний Кольского Севера. Один из таких лугов на краю болота между Зашейком и современным городом Полярные Зори в 1925 г. посетил Ю. Д. Цинзерлинг [1929]. Этот луг располагался на месте жилья, где помимо вероники длиннолистной, тысячелистника и щучки был обнаружен колосняк песчаный, не характерный для внутренней части Кольского полуострова. Это растение растет в массе на побережье Белого и Баренцева морей и очень редко встречается во внутренней части области на берегах крупных озер. На болото в окрестностях Зашейка это растение, вероятно, был занесено человеком с побережья Белого моря во время перемещения по тракту Кола–Кандалакша.

С хозяйственным освоением территории во флору окрестностей КАЭС начали проникать новые заносные виды, отсутствующие ранее в аборигенной флоре. Этому способствовало строительство железной дороги, организация Зашейковского лесокombината и подсобного хозяйства при нем. Были разработаны сельскохозяйственные поля, которые засевали многолетними травами (луговым (посевным) клевером, тимофеевкой), овсом и засаживали капустой и турнепсом. Одновременно с культурными растениями начали распространяться и заносные виды, такие как душистый колосок обыкновенный, мокрица, полевая капуста, ромашка безъязычковая (американская), торичник красный, торица посевная, крапивы жгучая и двудомная и др. [Шлякова, 1982]. Позднее поля появились и в окрестностях Африканды. Впоследствии на месте сельскохозяйственных полей и участков застройки сформировались обширные залежные сообщества, которые привычны взгляду местных жителей, хотя век назад здесь не было подобных сообществ, а территории были заняты таежными лесами и болотами.

С конца 1960-х гг. появился поселок при атомной станции, а позднее – город Полярные Зори, который размещается на плоской возвышенности, занятой кустарничковыми и лишайниковыми сосняками. Значительные участки естественных лесных насаждений были сохранены при строительстве города. В южной части города на берегу Пинозера естественные сосновые леса преобразованы в городской парк, который считается одним из лучших в области. Помимо местных пород в озеленении города были использованы интродуценты из ассортимента Полярно-альпийского ботанического сада, сотрудники которого проводили озеленение парка и нескольких улиц города. Особенностью планировки города являются аллеи с однорядными и трехрядными посадками деревьев. На Нивском проспекте были поочередно высажены тополя, осины и рябины [Святковская, 2007]. На улице Ломоносова в один ряд вдоль дороги – осины и местный травянистый интродуцент копеечник альпий-

ский. На улице Пушкина, предназначенной для пешеходного движения, прогулок и кратковременного отдыха, высажены лиственница сибирская, ивы корзиночная, удская и Шверина, а также тополь гибридный. В настоящее время состояние древесных интродуцентов хорошее, средняя высота лиственницы сибирской составляет около 15 м [Гонтарь и др., 2010].

Озеленительные работы были проведены и на территории ж/д станции Полярные Зори. Были использованы и частично сохранены во время строительства местные древесные породы, такие как осина, рябина, ива козья, береза повислая и субарктическая. Из интродуцентов использованы тополь гибридный, карагана древовидная, жимолость татарская, сирень венгерская, лиственница сибирская и роза морщинистая [Святковская и др., 2020].

Помимо централизованной посадки интродуцентов, в городе присутствуют единичные деревья архангельской лиственницы, тополь Максимовича, молодой подрост дуба черешчатого, сирень Генри, сирень обыкновенная, шиповник колючейший, спирея иволистная и другие декоративные растения.

Вдоль улиц и на придомовых территориях располагаются разнотравно-злаковые луга (рис. 3.8) и сеяные газоны. В луговых сообществах обычны пырей ползучий, щучка дернистая, клевера луговой, ползучий и средний, пижма обыкновенная, купырь лесной, бодяк щетинистый, мятлик луговой и другие травы. Большинство их является заносными на территории Мурманской области, пришедшие сюда вместе с человеком. Особый интерес с точки зрения поиска редких заносных видов представляют молодые газоны. Для их создания используются различные травосмеси привозной грунт, в которых нередко присутствуют семена растений, не характерных для столь северных территорий. В 2020 г. у физкультурно-оздоровительного комплекса на южной окраине города мы обнаружили синий василек, ланцетный подорожник, бородавник обыкновенный, горец пятнистый, жерушник левкойный и другие растения, характерные для более южных территорий.

Территории КАЭС, как и город Полярные Зори, располагаются среди сосновых кустарничковых лесов. Вдоль дорог и близ зданий распространены богатые видами антропогенные разнотравно-злаковые луга, где преобладают клевера, мышиный и заборный горошки, овсяница красная, кульбаба осенняя, чина луговая, подмаренник мягкий, поповник обыкновенный, звездчатка злаковая и др. У административных зданий отдельные участки заняты газонами из плевела многолетнего, мятлика лугового и овсяницы красной, а также высажены сибирские лиственницы и кусты



Рис. 3.8. Разнотравно-злаковые антропогенные луга в городе Полярные Зори.
Фото М. Кожина

шиповника морщинистого [Святковская, 2007]. На заброшенных пустырях и на техногенных участках формируются рудеральные (сорные, занимающие нарушенные местообитания) группировки из полевицы тонкой, сурепки, льнянки обыкновенной, смолевки двудомной, подорожника большого, горчавочки язычковой, клевера каштанового, сухоцветки лесной и др. От КАЭС отходят многочисленные высоковольтные линии электропередач, под которыми сведены леса и систематически вырубаются кустарники и отрастающий подрост.

К западу от города Полярные Зори и КАЭС проходит автомобильная трасса «Кола». По ее обочинам и откосам формируются искусственные сообщества и группировки, богатые рудеральными (сорными) элементами из видов травосмесей (клевер ползучий, луговой и гибридный, овсяница красная, тимофеевка луговая и плевел многолетний) и видов, обычных на антропогенных лугах (горошек мышиный, кульбаба осенняя, щучка, пырей ползучий и др.), и видов, характерных только для дорожных откосов (бескильница расставленная, лядвенец рогатый и язвенник песчаный). Иногда встречаются и редкие заносные виды, такие как василек фригийский, цикорий и ситник скученный.

Таким образом, на протяжении XX века растительный покров окрестностей КАЭС, как и других индустриальных районов Мурманской области, испытал значительные антропогенные преобразования. В начале века, до строительства станции, велись масштабные рубки леса и разрабатывались сельскохозяйственные угодья. Дальнейшее строительство КАЭС и города Полярные Зори, привело к фрагментации лесов и изъятию части территории под хозяйственное использование. В результате сформировались новые антропогенные растительных сообщества, не характерные ранее для этой территории. Несмотря на столь интенсивное хозяйственное освоение, растительный покров окрестностей КАЭС отличается высоким разнообразием сообществ и незначительной антропогенной трансформацией. Наибольшее внимания и охраны заслуживают обширные болотные системы и территория горы Лысой, как участки с наиболее специфическим и разнообразным растительным покровом.

Флора

В предыдущем издании книги о природе района КАЭС [Маслобоев и др., 2010], из растительного мира были рассмотрены лишь высшие сосудистые растения, их в окрестностях КАЭС было выявлено всего 297 видов. В настоящей книге мы исправляем это упущение и приводим также результаты изучения таких важных на Севере групп живой природы, как лишайники, мохообразные и грибы.

Лишайники – группа организмов, образованных из двух или трех (редко больше) компонентов, одним из которых является микобионт (аскомицетный или редко базидиомицетный гриб), другим – фотобионт (обычно водоросль или реже цианобактерия). При этом в талломе одного вида лишайника всегда присутствует только один микобионт, тогда как фотобионтов бывает два или три, редко больше. В современной систематике лишайники располагаются в царстве грибов, поскольку микобионт обеспечивает жизненно важную функцию размножения:

образует плодовые тела и споры. Лишайники играют большую роль в функционировании таежных и, особенно, тундровых экосистем. В некоторых типах сосновых лесов они образуют сплошной напочвенный покров, в арктических широтах и в высокогорьях могут формировать лишайниковые типы тундр. Максимальное разнообразие лишайников наблюдается в горных районах с развитой высотной поясностью. В Мурманской области – это Хибины, Ловозерские тундры, горные массивы Лапландского заповедника и др. При этом, лишайники, крайне чувствительные к антропогенному воздействию, значительно сокращают свою численность и даже исчезают в местах, подверженных воздушному загрязнению, где развита горнорудная промышленность и на территории городов и поселков.

В окрестностях КАЭС обнаружено 190 видов лишайников и систематически близких нелихенизированных грибов (Приложение 2). В основном они поселяются на почве (рис. 3.9-3.11), камнях и скалах (рис. 3.12), различных древесных остатках



Рис. 3.9. Кладония звездчатая – наиболее распространенный напочвенный лишайник в сосновых лесах. Фото Г. Урбанавичюса



Рис. 3.10. Лишайник цетрария исландская на почве. Фото Г. Урбанавичюса



3.11. Флавоцетрария снежная – обычный лишайник в тундровых сообществах. Фото Г. Урбанавичюса



Рис. 3.12. Арктопармелия центробежная на камне. Фото Г. Урбанавичюса



Рис. 3.13. Эпифитные лишайники на ветвях ели. Фото Г. Урбанавичюса



Рис. 3.14. Мозаика из эпилитных лишайников родов лецидея и порпидия. Фото Г. Урбанавичюса

(пнях, валеже), менее обильны на стволах и ветвях деревьев (рис. 3.13). В лесных сообществах, в частности в сосновых лесах, лишайники из родов кладония, стереокаулон, цетрария и др. иногда формируют сплошной напочвенный покров. В нарушенных местообитаниях поселяются лишайники-пионеры, например, представители родов баеомицес, плацинтиелла, трапелиопсис, а также некоторые виды трубчатых кладоний.

На выходах коренных пород в лесах и на горе Лысяя очень разнообразны эпилитные (обитающие на камнях) лишайники из нескольких десятков родов (рис. 3.14). Наиболее обычны из них – представители рода аспидилия, беллемеря, леканора, лецидея, мириквидика, пармелия, порпидия, ризокарпон, умбиликария и др. Здесь же на почве формируются группировки лишайников, характерных для тундровых сообществ: виды родов алектория, кладония, стереокаулон, бриокаулон, тамнолия, сферофорус, флавоцетрария, цетрария и др. На древесных остатках обычны виды родов ксилографа, пармелиопсис, плацинтиелла и трапелиопсис.

Грибы — это самостоятельное царство живой природы, одна из самых разнообразных групп организмов, которые сочетают в себе признаки как животных, так и растений. Наибольшее количество видов грибов — это микромицеты, которые можно увидеть только с помощью микроскопа. Крупные, хорошо заметные грибы, или макромицеты, состоят из плодового тела и мицелия (грибницы), который находится в субстрате.

Грибы являются важным компонентом лесных экосистем и могут формировать микоризу (которая обеспечивает «взаимовыгодное сотрудничество» гриба и дерева), либо, будучи сапротрофами, разрушать мертвое органическое вещество (древесина, опад). Немногочисленные группы представляют биотрофы, поселяющиеся на живых ослабленных деревьях. Некоторые грибы способны вызывать болезни растений.

Образуют микоризу известными многим съедобными шляпочными грибами – такими как подосиновики, подберезовики, волнушки, сыроежки, моховики, маслята, а также многочисленные «поганки», которых по ошибке считают бесполезными. Эти грибы

в достатке встречаются в лесах, окружающих город Полярные Зори. Помимо растущих на почве грибов, широко распространены виды, которые развиваются на древесине. Из них для рядового городского жителя может представлять интерес съедобный гриб вешенка легочная. На газонах, вдоль бетонных дорожек в городе Полярные Зори часто плодоносят дождевики (рис. 3.15). На измененных человеком территориях часто можно увидеть грибы навозники (рис. 3.16), которые не встретишь в ненарушенном таежном лесу.

На окраине города Полярные Зори весной после схода снега в насаждении лиственных деревьев отмечен гриб сморчковая шапочка (рис. 3.17). В Мурманской области этот весенний гриб известен лишь в городе Мончегорске и в окрестностях города Кировска.

Биота афиллофороидных (деревообразующих и некоторых напочвенных) грибов в районе 30 км вокруг КАЭС, как показали результаты полевых исследований, данные литературы [Исаева и др., 2012; Химич и др., 2017; Химич и др., 2021; Isaeva et al., 2015; Bolshakov et al., 2016] и гербария ИППЭС КНЦ РАН (INER), включает 161 вид (Приложение 3).

При внимательном осмотре сухостойных и валежных стволов деревьев можно обнаружить грибы, различные по внешнему виду (в виде отогнутых шляпок, распростертых плодовых тел с множеством пор либо шипов или жестких пластинок, или в виде пленки) и окраске. Один из широко распространенных деревообразующих грибов – трутовик окаймленный, встречается на поваленных стволах и пнях ели и сосны.



Рис. 3.15. Дождевик жемчужный.
Фото Ю. Химич



Рис. 3.16. Навозник на придомовой территории в городе Полярные Зори.
Фото Ю. Химич



Рис. 3.17. Сморчковая шапочка на окраине города Полярные Зори.
Фото А. Павловой



Рис. 3.18. Трутовик окаймленный на упавшем стволе сосны.
Фото Ю. Химич



Рис. 3.19. Чага на усыхающей березе.
Фото Ю. Химич



Рис. 3.20. Антродия золотистая на сосновом обломке.
Фото Ю. Химич

Его легко узнать в лесу по яркой кайме серого копытоподобного плодового тела (рис. 3.18). Когда речь идет о грибах на древесине, многие вспоминают чагу – нарост черного цвета на живых стволах березы. Чага (рис. 3.19) – это стерильная форма трутовика скошенного, плодовое тело гриба образуется на стволе дерева, после его гибели.

На старых сосновых бревнах в городах и на дачных участках можно встретить заборный гриб. Вдоль упавших стволов хорошо заметна антродия золотистая, с распростертыми плодовыми телами желтоватого или лимонного цвета, с множеством мелких пор (рис. 3.20). В естественных сообществах и в городских насаждениях, на древесине сосны встречается скелетокутис бесформенный. Круглый год на ослабленных и сухостойных березах заметны многолетние плодовые тела трутовика обыкновенного (рис. 3.21), которые иногда по ошибке принимают за чагу.

Грибникам на их пути могут встретиться необычные напочвенные грибы. В сосновых лесах можно увидеть грибы



Рис. 3.21. Трутовик обыкновенный на сухостойном стволе березы.
Фото Ю. Химич

рода гиднеллум с шипиками на шляпке. Один из самых распространенных – гиднеллум голубой (рис. 3.22). На песчаных лесных дорогах и тропах растет сухлянка двулетняя с золотисто-коричневой уплощенной шляпкой с кругами.

Данные многолетних наблюдений за сроками появления наиболее широко распространённых видов съедобных грибов, полученные на территории Лапландского заповедника, входящей в 30-км зону вокруг КАЭС, будут полезны читателям этой книги в поиске грибов (Приложение 4).

Мохообразные — большая группа высших бессосудистых споровых растений, древнейшие наземные растения. Основное их отличие от высших сосудистых растений – это преобладание полового поколения (гаметофита) в жизненном цикле. Печёночники, антоцеротовые и мхи долгое время включали в единый отдел моховидные. Но, по современным представлениям, эти три группы эволюционно обособлены друг от друга, имеют независимое происхождение и представляют собой три самостоятельных отдела [Потемкин, Софронова, 2009], а преобладание гаметофита в течение жизни – всего лишь пример конвергентной эволюции.

Мхи, наряду с сосудистыми растениями, – это неотъемлемый и очень важный компонент северных экосистем. Всего в исследованном районе обнаружено 140 видов мхов (Приложение 5). Наиболее детально изучена бриофлора г. Полярные Зори и пос. Африканда, которая представляет собой антропогенно преобразованный вариант таежных флор Мурманской области.



Рис. 3.23. Мох гилокомиум блестящий в хвойном черничном лесу.
Фото Т. Друговой



Рис. 3.22. Гиднеллум голубой в сосновом лесу. Фото Ю. Химич

В разреженных сосняках представлен небольшой набор видов, где доминируют обычные бореальные виды: дикранум метловидный, плевроциум Шребера, гилокомиум блестящий (рис. 3.23), виды рода политрихум (рис. 3.24); по обнаженным песчаным почвам поселяются нифотрихум седоватый (рис. 3.25), полии и политрихум волосаносный. В травяных ивняках по берегам водоемов к вышеперечисленным мхам добавляются мезо- и гигрофиты плагиомниум эллиптический, сциурогипнумы укороченный и отогнутый, псевдобриум цинклидиевидный, сфагнум



Рис. 3.24. Политрихум можжевельниковый.
Фото Н. Королевой



Рис. 3.25. Нифотрихум шерстистый.
Фото Н. Королевой

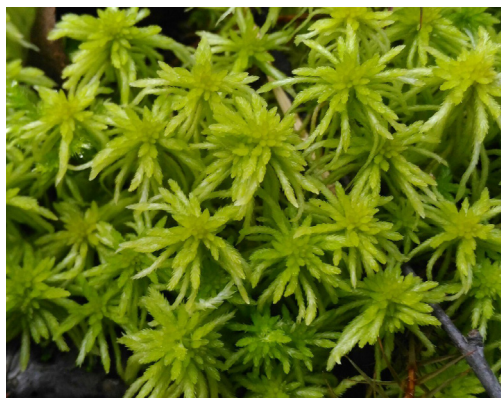


Рис. 3.26. Сфагнум Гиргензона.
Фото Т. Друговой

Гиргензона (рис. 3.26). В открытых околородных и водных местообитаниях, в частности, по руслу реки Нива обычны климациум древовидный, каллиергоны сердцевиднолистный и гигантский, гелодиум Бландова, филолотис ключевой.

Городские территории и участки, существенно нарушенные в результате человеческой деятельности, вносят вклад в увеличение разнообразия флоры мхов за счет новых местообитаний, нехарактерных для естественных растительных сообществ. На нагромождениях валунов и каменном ложе полусушенного русла

преобладают схистидиумы Агассиса, верхлодный, папиллозный и др.

Печёночники, в отличие от мхов, почти не имеют ключевого значения в растительных сообществах, но являются их постоянным компонентом. Всего в исследованном районе нами обнаружено 70 видов печеночников (Приложение 6). В основном они поселяются во влажных местах на выходах скал, на валунах, по берегам и в руслах ручьёв и рек, на болотах, на поваленных деревьях и пнях и, конечно же, встречаются в напочвенном покрове лесов. Из-за мелких и очень мелких размеров печеночников для них определяющее значение имеют условия микрорастительных сообществ (таких, как трещина в скале, небольшая западинка на бугре на болоте), размер которых может быть ничтожен.

На стволах живых деревьев (в трещинах коры березы) неоднократно отмечен лишь один вид – птилидиум красивейший (рис. 3.27). В лесах барбилофозия плауновидная может образовывать на почве плотные ковры с примесью других видов печеночников (рис. 3.28). В сырых местах – это шляковия Кунца, птилидиум рес-

нитчатый, obtusifolium тупой, на повышениях микрорельефа – барбилофозия бородачатая, неоортакаулюс Флёрка. По тропам и обочинам дорог растут блефаростома волосовидная, изопакс двугордчатый, скапания короткая, тритомария пятизубая, а также виды родов нардия и соленостома. На почве в карьерах и по бортам канав может образовывать плотные дерновинки блазия маленькая. На заиленной и глинистой почве, на слабо задернованных участках на берегах ручьев растут аневра тучная и скапания волнистая. На выходах коренных пород в лесах и на скалах горы Лысая, на тонком слое мелкозема встречаются диплофиллум тиссолистный, гимномитрион стройный, сфенолобус малый, тетралофозия щетковидная (рис. 3.29) и др. В заболоченных участках лесов и на болотах наиболее обычны цефалозия полулунолистная, кладоподиелла плавающая, милия необычная, риккардия широколопастная. По берегам старого русла р. Нивы маршанция многообразная (рис. 3.30) может формировать чистые коврики площадью в несколько метров.



Рис. 3.27. Птилидиум красивейший.
Фото Е. Боровичева



Рис. 3.28. Лофозия вздутая
разновидность длинноцветковая.
Фото Е. Боровичева



Рис. 3.29. Тетралофозия щетковидная.
Фото Е. Боровичева



Рис. 3.30. Маршанция многообразная.
Фото Е. Боровичева

Сосудистые растения играют ключевую роль в сложении растительных сообществ окрестностей станции, поскольку наиболее часто являются основным компонентом и играют эдификаторную (средообразующую) роль для формирования растительных сообществ. Всего на территории окрестностей КАЭС в 15-км зоне вокруг КАЭС обнаружено 430 видов растений, а также 20 видов древесных интродуцентов (Приложение 7, 8). В предыдущем издании книги о природе районе КАЭС А. А. Похилько приводила всего 297 видов [Маслобоев и др., 2010]. По материалам полевых работ 2020 г. было выявлено 384 вида, а еще 46 видов приведен по данным литературы [Цинзерлинг, 1929; Флора Мурманской области 1953-1966; Редкие..., 1979; Шлякова, 1982]. 297 видов являются аборигенными, т.е. местными, а еще 133 – заносными, т.е. непреднамеренно проникшими сюда в результате деятельности человека. Территория окрестностей станции, с учетом вычета акватории примерно соответствует площади, необходимой для выявления конкретной флоры в Субарктике, и по оценке таксономического богатства флоры Восточной Европы [Морозова, 2008], эта территория могла бы насчитывать около 300 видов. Число обнаруженных аборигенных видов чуть больше этой оценки, что свидетельствует об относительной полноте выявления флоры.

Распределение видов сосудистых растений в разных растительных сообществах неоднородно. Наименее бедны видами лишайниковые и кустарничковые сосняки, где помимо деревьев (березы субарктическая и повислая, ель, сосна) и кустарничков (черника, брусника, голубика и пр.) встречается очень мало видов, а те, что здесь растут – обычны и в других сообществах. Также относительно бедны видами горные тундры, где помимо широко распространенных кустарничков (вороники, голубики, толокнянки, арктоуса и пр.) встречаются калмия (луазелеурия) лежачая (рис. 3.31), диапенсия лапландская, филодоце голубая, карликовая ива сетчатая (рис. 3.32), характерные только для этих сообществ. Самые богатые видами естественные растительные сообщества – это травяные ельники и приручевые болота. Они, как правило, отличаются и пышностью, и пестротой растительного покрова. В таких сообществах

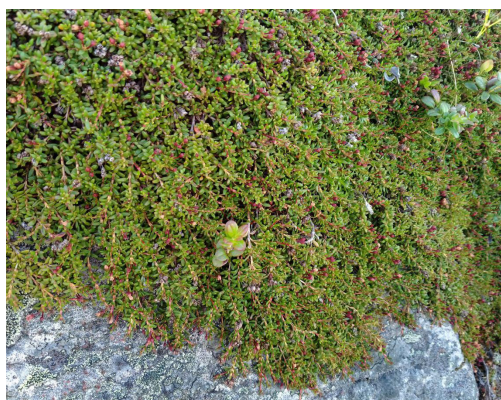


Рис. 3.31. Тундровый кустарничек калмия (луазелеурия) лежачая. Фото М. Кожина



Рис. 3.32. Тундровая карликовая сетчатая ива. Фото М. Кожина

может встречаться по 30-40 видов. Болота территории отличаются богатством разных видов осок и кустарниковых ив. На них широко распространены морошка и различные вересковые кустарнички (брусника, голубика, вороника). По числу видов болота могут сильно различаться. В обводненных мочажинах нередко растут 1-5 видов, среди которых наиболее обычна пушица длиннолистая. В приручевых и мезоэвтрофных болотах число видов может достигать 25-30, причем вместе могут расти виды с разными экологическими особенностями.

Заметную роль в обогащении видами флоры территории играет человек. В конце XIX века территория окрестностей КАЭС была почти необитаема. Среди таежных лесов проходил участок почтового тракта Кандалакша–Кола. С освоением и развитием промышленности с начала XX века здесь начали появляться все новые и новые виды (рис. 3.33-3.34). Многие из них, например, пырей ползучий, крапива двудомная, купырь лесной, сныть обыкновенная, стали привычны жителям Кольского Заполярья, поскольку они уже широко распространены и часто встречаются в растительных сообществах.

Среди заносных видов есть и опасные растения для человека и природы — их принято называть инвазионными [Виноградова и др., 2009]. Они проникли на территорию результате деятельности человека и освоенным активным расселением угрожают биологическому разнообразию. К таким растениям относятся, например, гигантские борщевики. В Полярных Зорях отмечено оба вида заносных борщевиков, одичавших в Мурманской области. Борщевик Мантегацци встречен на цветочной клумбе в городском парке и на разнотравно-злаковом лугу близ дома 17 по ул. Партизан Заполярья. Борщевик Сосновского отмечен на газоне среди аллеи по ул. Пушкина. Во всех трех местонахождениях было обнаружено по 1 нецветущей особи гигантского борщевика. Несмотря на столь малую численность, в перспективе их активное расселение представляет серьезную угрозу, и может повлечь за собой негативные экономические и экологические последствия. В связи с этим, проблема распространения инвазионных видов должна быть взята на контроль.



Рис. 3.33. Цикорий на обочине трассы Кола.
Фото М. Кожина

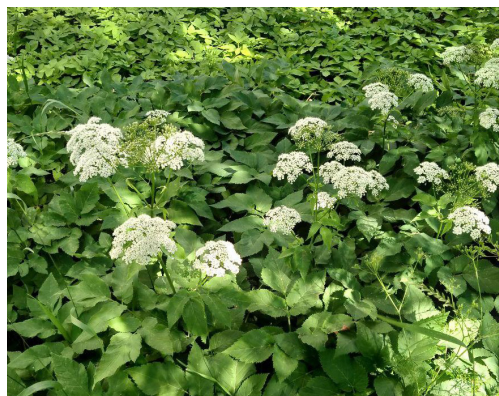


Рис. 3.34. Сныть на придомовой территории
в городе Полярные Зори.
Фото М. Кожина

3.2. Охраняемые виды и места их концентрации

В окрестностях КАЭС помимо широко распространенных, встречаются редкие биотопы со специфическими природными условиями. Именно здесь можно найти редкие растения, которые взяты под охрану государством ввиду их уязвимости к негативному антропогенному воздействию. В 15-км зоне вокруг станции выявлено 26 видов растений, грибов и лишайников из Красной книги Мурманской области (ККМО) [2014]; 7 из них внесены в Красную книгу Российской Федерации (ККРФ) [2008]. Виды, приведенные ниже, расположены в том же порядке, что и в региональной Красной книге [2014]. Образцы, собранные в 2020 г., хранятся в гербариях ИППЭС КНЦ РАН (INER), ПАБСИ КНЦ РАН (КРАВГ) и Ботанического музея Университета города Хельсинки (Н).

Лисичка жёлтая (*Cantharellus cibarius* Fr.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Известна находка лисички в окрестностях пос. Африканда [Материалы..., 2019]. В Мурманской области, по последним данным, вид не редок и известен из всех районов [Материалы..., 2019; Химич и др., 2021].

Клавариадельфус пестиковый (*Clavariadelphus pistillaris* (L.) Donk)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Клавариадельфус обнаружен в 2020 г. в окрестностях города Полярные Зори в травяном елово-березовом лесу, на почве. Несколько плодовых тел. В Мурманской области известен из нескольких местонахождений в Лапландском заповеднике (долина реки Верхняя Чуна, средняя часть склона Ельнюн II, первая терраса оз. Чунозеро) [ККМО, 2014], окрестностей городов Апатиты и Кировск, территории Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН [Химич и др., 2021].

Бриория Фремонта (*Bryoria fremontii* (Tuck.) Brodo & D. Hawksw.) (рис. 3.35)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому. ККРФ: 3б, редкий.

Эпифитный лишайник Бриория Фремонта обнаружен на ветвях сосны в 2020 г. в заболоченном сосняке вдоль северного побережья озера Осинового, к северу от станции. Вид широко распространен в западных и южных районах Мурманской области, реже встречается в центральных и восточных [ККМО, 2014]. Произрастает на стволах и ветвях деревьев преимущественно в малонару-



Рис. 3.35. Лишайник бриория Фремонта на коре сосны. Фото Г. Урбанавичуса

шенных сосновых лесах, нередко во вторичных сосново-березовых лесах. Популяции лишайника в пределах Мурманской области относительно многочисленны.

Метцгерия вильчатая (*Metzgeria furcata* (L.) Dumort.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Печеночник метцгерия вильчатая обнаружен в 2020 г., в щели сухой скальной стенки на южном склоне горы Лысая, в поясе березовых криволесий, в чистых ковриках. В Мурманской области встречается спорадически. Известен в горных массивах Сальные тундры, Монче-тундра, Чуна-тундра, Лавна-тундра, Кандалакшских горах, бассейнов реки Кутсайоки и оз. Ковдозеро, на побережье Кандалакшского залива Белого моря [ККМО, 2014], в нескольких пунктах в заповеднике «Пасвик» и проектируемом ландшафтном заказнике «Пазовский» [Borovichev, Boychuk, 2017; Кравченко и др., 2017], на побережье Баренцева моря – губа Дроздовка [Боровичев и др., 2018] и в нижнем течении реки Поной [Белкина и др., 2018].

Протолофозия удлинённая (*Protolophozia elongata* (Steph.) Schljakov)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому. ККРФ: 2а, вид с сокращающейся численностью, имеющий значительный ареал, в пределах которого встречается спорадически и с небольшой численностью популяций.

Печеночник протолофозия удлинённая обнаружена в 2020 г. в поясе березовых криволесий на склоне горы Лысая, на заболоченном участке в основании скалы около временного водотока. Небольшая куртинка вместе с другими печеночниками (мезоптихия Джильмана, скапания короткая, схистохилопсис матоволистный). В Мурманской области она известна из Хибинских гор, в бассейне р. Йоканьга, в низовьях р. Поной, в горах Лавна-тундра, Чуна-тундра, Монче-тундра, Чильтальд, в Порьей губе и на о. Великий в Кандалакшском заливе Белого моря [ККМО, 2014] и долины реки Териберки [Материалы..., 2019].

Тетродонтиум широковыемчатый (*Tetradontium repandum* (Funck) Schwägr.) (рис. 3.36)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие и находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому. ККРФ: 3б, редкий вид, имеющий дизъюнктивный ареал и низкую численность популяций на всем его протяжении.

Этот мох (около 10 спорофитов) найден в 2020 г., на склоне горы Лысая, на скальных выходах с сочащейся водой, на своде ниши под камнем и дерниной. Это шестая находка в регионе. В Мур-



Рис. 3.36. Мох тетродонтиум широковыемчатый. Фото Е. Боровичева

манской области вид впервые был найден в Туадаш-тундрах и на горе Малая Кумажья в районе Гремяха-Вырмес, в Хибинских горах [ККМО, 2014], в заповеднике «Пасвик» [Боровичев, Бойчук, 2018] и урочище Вайкис в Лапландском заповеднике [Белкина и др., 2020].

Буксбаумия безлистная (*Vixbaumia aphylla* Hedw.) (рис. 3.37)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Вид обнаружен в городе Полярные Зори, в мохово-кустарничковом сосняке, на обнаженной почве, на стенке ямы в затененной впадине [Другова, 2014]. В 2020 г. буксбаумия собрана в окрестностях города Полярные Зори на повороте на горнолыжный склон, по обочине дороги, в сосняке. В Мурманской области встречается спорадически:

в окрестностях пос. Ревда и Уполокша, на берегу Лумбовского залива, в горах Чуна-тундра, Монче-тундра, Сальные тундры, на территории ПАБСИ, на Турьем мысу [ККМО, 2014], в нескольких местонахождениях в Печенгском районе – заповедник «Пасвик» и проектируемый памятник природы «Болота у озера Алла-Аккаярви» [Кравченко и др., 2017], на побережье Баренцева моря – губа Дроздовка [Боровичев и др., 2018] и среднем течение реки Умбы [Материалы..., 2019]. Вид-однолетник, имеет быстро разрушающийся гаметофит и может быть обнаружен только по спорофитам.



Рис. 3.37. Мох буксбаумия безлистная.
Фото Е. Боровичева

в окрестностях пос. Ревда и Уполокша, на берегу Лумбовского залива, в горах Чуна-тундра, Монче-тундра, Сальные тундры, на территории ПАБСИ, на Турьем мысу [ККМО, 2014], в нескольких местонахождениях в Печенгском районе – заповедник «Пасвик» и проектируемый памятник природы «Болота у озера Алла-Аккаярви» [Кравченко и др., 2017], на побережье Баренцева моря – губа Дроздовка [Боровичев и др., 2018] и среднем течение реки Умбы [Материалы..., 2019]. Вид-однолетник, имеет быстро разрушающийся гаметофит и может быть обнаружен только по спорофитам.

Онгстремия длинноножковая (*Aongstroemia longipes* (Sommerf.) Bruch et al.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Онгстремия отмечена в нарушенных антропогенных местообитаниях в промзоне города Полярные Зори, на слабо задернованной почве на обочине автодороги и на влажной глинистой почве на пустыре вблизи железнодорожной ветки [Другова, 2014]. В Мурманской области этот мох приурочен к участкам с нарушенным покровом. Известен в Хибинских горах, городах Кировск, Апатиты и Мончегорск [ККМО, 2014].

Бриум круглолистный (*Bryum cyclophyllum* (Schwägr.) Bruch et al.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Отмечен в городе Полярные Зори, в сыром березово-еловом хвощовом лесу, на почве [Другова, 2014]. В Мурманской области, помимо Полярных Зорей, встречается в городах Кировск и Апатиты, в заповеднике «Пасвик», Семиостровье, мысах Орлов и Гоголиха [ККМО..., 2014; Материалы..., 2019].

Мниум годовалый (*Mnium hornum* Hedw.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Мниум собран в городе Полярные Зори, в заболоченном кювете автодороги по краю елово-березового мохово-кустарничкового, с пушицей, леса [Другова, 2014]. В Мурманской области растет преимущественно в тундровых сообществах на Мурманском берегу: на Айновых и Гавриловских островах, на Вороньих Лудках, на берегу Лумбовского залива, в горах Сальные тундры и долине р. Тумча [ККМО, 2014].

Вудсия гладковатая (*Woodsia glabella* R. Br.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Во «Флоре Мурманской области» [1953] указан для окрестностей Африканды.

Костенец зеленый (*Asplenium viride* Huds.) (рис. 3.38)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

В окрестностях станции небольшая популяция (около двух десятков дерновинок) отмечена в 2020 г. на склоне северо-восточной экспозиции горы Лысая, на скальных выходах среди горных ерниковых тундр. Впервые костенец зеленый здесь обнаружил известный русский ботаник Ю. Д. Цинзерлинг [1929] в 1925 г. В окрестностях ж/д станции Африканда на горе Лесная Варака отмечено не менее 30 дерновинок по трещинам коренных выходов оливинов среди хвойного леса. В Мурманской области спорадически встречается на участках выходов кальцийсодержащих пород в центральной и южной частях и на северо-западе [ККМО, 2014; Кравченко и др., 2016].

Криптограмма курчавая (*Cryptogramma crispa* (L.) R. Br.) (рис. 3.39)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Отмечено несколько особей среди обломков камней на скалах северо-восточной экспозиции горы Лысой. Ближайшие местонахождения вида извест-



Рис. 3.38. Костенец зеленый.
Фото Е. Боровичева



Рис. 3.39. Криптограмма курчавая.
Фото Е. Боровичева

ны в Чуна-тундре, Хибинах и в Кандалакшских горах. В Мурманской области sporadически встречается по глыбистым скальным участкам в горной тундре и, значительно реже, по трещинам кальцийсодержащих скал [Костина и др., 2015; Кожин и др., 2018]. Популяция на горе Лысой очень уязвима ввиду малой численности. Она может быть уничтожена в результате ведения технических работ по созданию, обслуживанию вышек ретрансляторов, а также в результате разработки новых технологических проездов к ним. Целесообразно создание памятника природы регионального значения.

Полушник щетинистый (*Isoetes setacea* Durieu)

Статус и категория редкости ККМО: 5, имеющие особый статус. ККРФ: 2, сокращающиеся в численности.

Встречается довольно часто в сообществах погруженных макрофитов на прибрежных мелководьях с песчаным и иловатым дном, реже в редкотравных урутево-шелковниковых сообществах в заливах озера Имандра, обычно на глубине обитания 0.8–2.5 м. В Мурманской области полушник щетинистый sporadически встречается на мелководьях олиготрофных водоемов с песчаным дном по всей территории. Популяции его обычно немногочисленны.

Осока ледниковая (*Carex glacialis* Mack.) (рис. 3.40)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Отмечено несколько десятков дерновин на щебнистых участках и в расщелинах скал на мелкоземе среди горных тундр на вершине горы Лысой. В середине июля 2020 г. у большинства побегов наблюдалось начало плодоношения. В Мурманской области эта осока sporadически встречается на скалах, в горных и равнинных тундрах; большинство ее местонахождений приурочено к выходам кальцийсодержащих пород. На горе Лысой близ КАЭС эту осоку впервые обнаружили финские ботаники Р. Энвальд (R. Enwald) и Г. Холльмен (H. Hollmen) в 1883 г.



Рис. 3.40. Осока ледниковая.
Фото М. Кожина

Башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.)

Статус и категория редкости ККМО: 16, находящиеся в опасном состоянии, под угрозой исчезновения. ККРФ: 3, редкий.

Известен из окрестностей Африканды только по литературе [Редкие..., 1979].

Пальчатокоренник мясо-красный (*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

В окрестностях КАЭС отмечено одно цветущее растение на осоковом болоте на берегу реки Мертеруайнек близ оз. Осинового, в середине июля 2013 г. Изредка встречается на минеротрофных болотах в юго-западной части Мурманской области. Ближайшие местонахождения известны в Кандалакшских горах, у подножья горы Малая Куртяжная [Кожин, 2015], в Прихибинье [Кутенков и др., 2019] и в окрестностях города Апатиты [ККМО, 2014].

Пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri* (Saut.) Soó)

Статус и категория редкости ККМО: 16, «Редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому». ККРФ: 3, редкий.

В окрестностях КАЭС пальчатокоренник Траунштейнера известен только по одному гербарному образцу. Он был собран О. И. Семенов-Тян-Шанским в 1934 г. между Чунозером и озером Осинное на краю болота; сбор хранится в гербарии ПАБСИ КНЦ РАН (КРАВГ). В ходе последующих полевых работ этот редкий вид обнаружить не удалось. В Мурманской области этот вид был найден на болотах в окрестностях города Апатиты [ККМО, 2014]: в Кандалакшских горах, на болоте у подножья горы Малая Куртяжная обнаружены растения близкие по морфологии к пальчатокореннику Траунштейнера, однако для точной идентификации необходимы дополнительные исследования.

Надбородник безлистный (*Epipogium aphyllum* Sw.)

Статус и категория редкости ККМО: 16, находящиеся в опасном состоянии, под угрозой исчезновения. ККРФ: 2, сокращающиеся в численности.

Бесхлорофильная сапротрофная орхидея надбородник безлистный была обнаружена в 2007 г. С. Ф. Ушамовой близ карьера в брусничном сосняке у города Полярные Зори, в понижении с обильным листовым опадом; образец хранится в гербарии ПАБСИ (КРАВГ). В Мурманской области это растение очень редкое, оно известно еще из пяти местонахождений [ККМО, 2014]. Популяции обычно очень малочисленные. Цветущие побеги могут появляться не каждый год.

Ива трехтычинковая (*Salix triandra* L.)

Статус и категория редкости ККМО: 4, объекты животного и растительного мира, имеющие неопределенный статус, по которым нет достаточных данных.

Ива трехтычинковая известна только по историческим сборам Ф. Нюландера (F. Nylander) 1844 г., с берега реки Нивы; образцы хранятся в гербарии Ботанического музея Университета города Хельсинки (Н). За прошедшие полтора века это растение в Мурманской области найти так и не удалось. Возможно, ивы погибли при строительстве и эксплуатации системы каскада Нивских гидроэлектростанций, поскольку на значительном протяжении русло было осушено. Ввиду отсутствия современной информации о распространении и точной географической привязки пока не подтверждено присутствие этого вида в окрестностях КАЭС.

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) (рис. 3.41)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

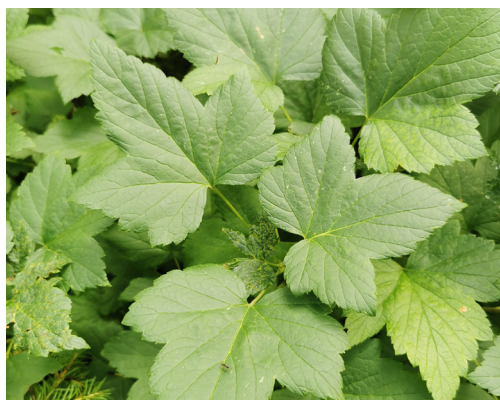


Рис. 3.41. Смородина черная.
Фото Е. Боровичева

Относительно многочисленная популяция черной смородины обнаружена близ бывшего русла реки Нива на окраинах города Полярные Зори в 2020 г. Растения росли на влажном аллювии, в хвощовом елово-березовом лесу и в частично осушенном приречном ивняке. В середине июля отмечено начало созревания плодов. Впервые на берегу р. Нивы близ Зашейка смородину обнаружил в 1925 г. Ю. Д. Цинзердинг [1929]. В Мурманской области дикая (аборигенная) черная смородина ранее была обнаружена в четырех местонахождениях на юге региона: в окрестностях пос. Алакуртти и города Кандалакши, в нижнем течении реки Варзуга [ККМО, 2014], в среднем течении реки Умба [Материалы..., 2019].

Кипрей белоцветковый (*Epilobium lactiflorum* Hausskn.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Во «Флоре Мурманской области» [1959] приводится для окрестностей Зашейка.

Тимьян субарктический (*Thymus subarcticus* Klokov & Des.-Shost) (рис. 3.42)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Несколько десятков особей обнаружены в 2020 г. на горе Лысой на скальных участках, местами на сыпучих скальных стенках, на тундровых и лесотундровых склонах, на границе березового криволеся и елового леса. В середине июля 2020 г. растения массово цвели. В Мурманской области широко распространен на беломорском побережье, где нередко доминирует в растительных сообществах. Во внутренней части области он встречается значительно реже и известен в немногочисленных местонахождениях в Хибинах, Ловозерских горах, Чуна-тундре, Кицких тундрах и в среднем течении реки Вороньей [ККМО, 2014; Королева, Копейна, 2015].

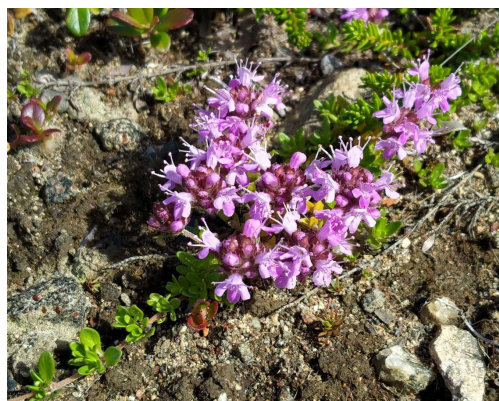


Рис. 3.42. Тимьян субарктический.
Фото М. Кожина

Вероника кустящаяся (*Veronica fruticans* Jacq.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Одна дерновинка вероники обнаружена в окрестностях ж/д станции Африканда на горе Лесная Варака, на окрайке сосново-елового леса, на коренных выходах оливинов. В Мурманской области она встречается в крупных горных массивах: Хибины, Ловозерские горы, Чуна-тундра, Кандалакшские горы и на юго-западе региона в местах выхода кальцийсодержащих пород в ущелье Пюхякуру [ККМО, 2014].

Жириянка волосистая (*Pinguicula villosa* L.)

Статус и категория редкости ККМО: 3, редкие, находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому.

Небольшая популяция (около 10 цветущих особей) обнаружена в 2020 г. на горе Лысой, на небольшом болотце посреди тундры и березового криволесья. В Мурманской области жириянка волосистая спорадически распространена, однако все популяции малочисленные [ККМО, 2014]. Обычно жириянка волосистая встречается на минеротрофных и мезотрофных болотах в лесном поясе, на горе Лысой она отмечена выше границы леса.

Жимолость алтайская (*Lonicera altaica* Pall.)

Статус и категория редкости ККМО: 4, объекты животного и растительного мира, имеющие неопределенный статус, по которым нет достаточных данных.

Во «Флоре Мурманской области» [1966] приводится для окрестностей Зашейка.

Таким образом, в окрестностях КАЭС известно всего 26 охраняемых видов растений, лишайников и грибов. По результатам полевых работ 2020 г. было выявлено 13 видов, включенных в Красную книгу Мурманской области, из них девять оказались новыми для территории окрестностей КАЭС (гриб рогатик пестиковый, лишайник бриория Фремонта, мох тетродонтиум широковыемчатый, печеночники протолофозия удлиненная и метцгерия вильчатая, тимьян субарктический, жириянка волосистая, вероника кустиющаяся и смородина черная), из них первые три вида включены в Красную книгу Российской Федерации.

Ряд ранее известных находок удалось повторить и, таким образом, подтвердить существующие исторические указания. Так, на склонах горы Лысой обнаружены осока ледниковая, которая ранее здесь была собрана в середине XIX века, костенец зеленый, известный по сборам начала XX века. Два вида (ива трехтычинковая и пальчатокоренник Траунштейнера) известны только по историческим гербарным материалам. Только по литературным данным в окрестностях КАЭС известно четыре вида: кипрей белоцветковый, башмачок настоящий, жимолость алтайская и папоротник вудсия гладковатая. Для верификации этих литературных указаний необходимо проведение дальнейших полевых исследований.

В предыдущем издании книги о природе окрестностей КАЭС [Маслобоев и др., 2010] содержится информация о видах, включенных во второе издание Красной книги Мурманской области [2014], главным образом, на основании литературных указаний. Помимо перечисленных нами видов для района КАЭС приводились: ива ушастая (*Salix aurita* L.), щучка сизая (*Deschampsia glauca* C. Hartm) и шиповник

иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.), однако эти указания сомнительны. В Мурманской области ива ушастая обычно встречается на олиготрофных и мезотрофных сфагновых болотах, а не в лесах и по берегам озёр; щучка сизая растёт на слабо задернованных щебнистых участках в горных и равнинных тундрах, а не по берегам озёр, как приводится в источнике [Маслобоев и др., 2010]. Указание шиповника есть только в списке полезных растений исследуемой территории, а в приложении в аннотированном списке сосудистых растений этот вид не фигурирует [Маслобоев и др., 2010].

Охраняемые виды растений и лишайников распространены неравномерно по территории в 15-км зоне КАЭС (рис. 3.43). Почти все из них, за исключением бриории Фремонта, известны в немногих местонахождениях. Бриория Фремонта изредка встречается в средне- и старовозрастных сосновых лесах в районе КАЭС.

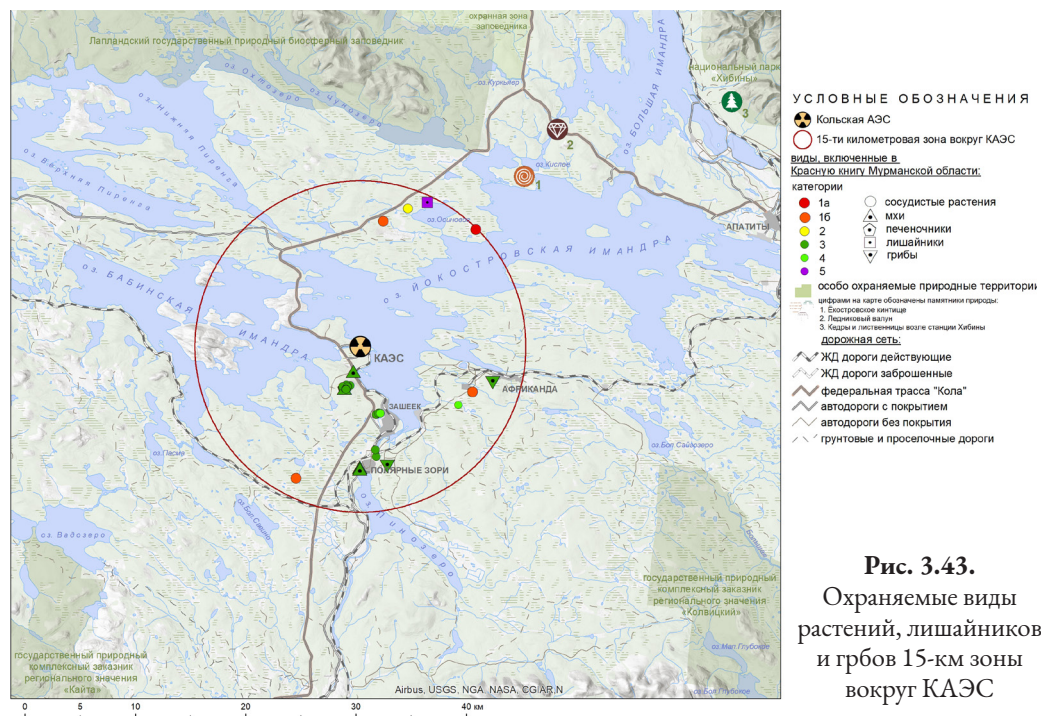


Рис. 3.43.
Охраняемые виды растений, лишайников и грибов 15-км зоны вокруг КАЭС

На основании проведенных полевых исследований и анализа литературных данных в 15-км зоне вокруг КАЭС можно выделить три района концентрации охраняемых видов.

Первый район — гора Лысая, где встречаются тетродонтиум широковыемчатый, костенец зеленый, криптограмма курчавая, осока ледниковая, тимьян субарктический, жирянка волосистая, протолофозия удлинённая и метцгерия вильчатая. В 15-км зоне КАЭС только здесь представлена горная тундра и имеется разреженный пояс березовых криволесий, а также участки кальцийсодержащих скал. Все это обеспечивает формирование подходящих местообитаний для редких охраняемых

видов растений. Эта территория имеет высокую значимость с точки зрения охраны редких видов растений.

Второй район — город Полярные Зори. Здесь в условиях антропогенно трансформированных ландшафтов обитают четыре вида охраняемых мхов: онгстремия длинноножковая, буксбаумия безлистная, бриум круглолистный и мниум годвалый. Эти виды предпочитают нарушенные местообитания и слабо задернованные участки почвы. В прилегающих к городу лесах выявлена аборигенная популяция черной смородины и очень редкая орхидея надбородник безлистный.

Третий район — окрестности пос. Африканда, где отмечены костенец зеленый, венерин башмачок и вероника кустящаяся. Здесь в лесу выходят на дневную поверхность кальций- и магний-содержащие коренные породы, формирующие особые геохимические условия для растений.

Место концентрации редких видов на горе Лысая необходимо взять под охрану для предотвращения дальнейшей деградации территории и потери естественного биоразнообразия.

Глава 4

Животный мир

Наземные позвоночные животные включают в себя млекопитающих, птиц, амфибий и рептилий. Среди них есть теплокровные животные (к ним относятся млекопитающие и птицы), которые поддерживают постоянную достаточно высокую температуру тела, а так же холоднокровные (рептилии и амфибии), которые не могут самостоятельно сохранять стабильную температуру тела и полностью зависят от температуры окружающей среды.

4.1. Земноводные и пресмыкающиеся

В список наземных позвоночных животных 30-км зоны размещения КАЭС входят холоднокровные животные двух классов – земноводных и пресмыкающихся. Здесь обитают травяная лягушка (*Rana temporaria* L., 1758), ящерица живородящая (*Lacerta vivipara* Jaquin, 1787) и гадюка обыкновенная (*Vipera berus* L., 1758). Травяная лягушка изредка наблюдается, это малочисленный вид. Живородящая ящерица эпизодично встречается в основном в долинах рек и в плакорных ландшафтах. Гадюка обыкновенная очень редка и предпочитает хорошо прогреваемые места на склонах возвышенностей южной экспозиции (рис. 4.1). Эта змея включена в Красную книгу Мурманской области [2014] со статусом 3 (редкий, находящийся в состоянии, близком к угрожаемому). Как правило, наши северные гадюки не агрессивны, при встрече с человеком быстро уползают или стараются затаиться. В последние годы на юге района ее встречи заметно участились.



Рис. 4.1. Гадюка обыкновенная. Фото Н. Зануздаевой

4.2. Птицы

В 30-км зону вокруг КАЭС входит юго-восточная часть Лапландского заповедника, которая охватывает долины Чунозера и Охтозера, низовья реки Верхняя Чуна, озерно-речную систему реки Курка и Ельярвай, южную часть хребта Чуна-тундры. Здесь представлены основные типы ландшафтов и экосистем северной тайги, в соответствии с экологическими условиями которых встречаются и обитают различные виды птиц. Орнитологические комплексы в районе исследования разнообразны и изменчивы.

В Лапландском заповеднике мониторинг населения птиц проводится круглогодично, определяются эколого-фаунистические параметры населения птиц: видовой состав, распространение видов, приуроченность к местообитаниям, численность, половозрастная структура. В зависимости от состава экологических групп, жизненного цикла и целей исследования применяются различные методики учётов птиц:

- Зимний маршрутный учёт лесных видов птиц проводится в конце февраля-начале марта на маршрутах общей длиной 60 км. В ходе учёта фиксируются все встреченные птицы, как показатель используется встречаемость птиц на 10 км маршрута [Приклонский, 1979].
- Учёт гнездящихся лесных и тундровых видов проводится в конце мая-начале июня на маршрутах длиной 30 км [Доброхотов, 1962; Наумов, 1965].
- Учёт тетеревиных птиц проводится в августе [Семёнов-Тян-Шанский, 1960; Jarvinen, Vaisanen, 1975].
- Учёт околоводных и водоплавающих птиц проводится в августе вдоль береговой линии озёр и рек [Исаков, 1952].
- Ведется мониторинг размножения видов птиц (дневные хищные птицы, совы, лещадь-кликун, ворон, оляпка), повторно использующих гнезда и гнездовой участок и мониторинг искусственных гнездовий для птиц-дуплогнезdnиков, который позволяет получить информацию по биологии гнездования контрольных видов птиц и определить степень влияния экологических факторов на результаты размножения птиц в текущем сезоне.
- Учитываются наблюдения при выполнении других научных исследований и мероприятий по охране заповедника, которые дополняют материалы исследований на стационарах.

В 30-км зоне вокруг КАЭС за 2011-2019 гг. отмечено 124 вида птиц, из которых 108 – гнездятся, 7 – пролетают транзитно, 9 – залетают с их основной части ареала. 20 – зимуют регулярно, ещё 22 – зимуют при наличии кормов и их доступности, остальные 82 – мигранты. Появляются только эпизодически 16 видов (13% состава авифауны), из них 9 видов залетают с юга, юго-запада или с севера, 7 видов – во время пролётов на места гнездовий или зимовок (Приложение 9). Некоторые оседлые виды отлетают на зиму из мест гнездования на более кормные районы, расположенные не всегда далеко от места гнездования. В нашем случае большинство гнездящихся видов уток, куликов,

воробьиных можно отнести и к пролетным видам, т.к. их ареал охватывает и более северные, и восточные районы.

На соседней хорошо изученной территории Лапландского заповедника зафиксировано за все годы деятельности 210 видов птиц. Разница из 86 видов в основном определяется единичными встречами экзотических видов, к примеру, сизоворонки, удода, и др., залетами редких морских птиц (поморники, тупик и др.), естественной редкостью вида (пискулька, филин, синехвостка и др.) [Семенов-Тянь-Шанский, Гилязов, 1991; Гилязов, 1997]. Спад численности и исчезновение 4 видов-синантропов совпало с деградацией земледелия в целом в Мурманской области [Гилязов, 2008].

По долине оз. Имандра проходит ответвление известного Беломорско-Балтийского миграционного пути птиц. По озерно-речной системе р. Нива – оз. Имандра далее по р. Кола или восточнее по р. Воронья пролетают в основном птицы местных популяций и в основном связанные с водой.

Представлены следующие отряды птиц: отряд Гагары – 2 вида (гагара краснозобая и чернозобая); отряд Веслоногие – 1 вид (большой баклан); отряд Гусеобразные – 22 вида (лебеди, гуси, казарки, утки); отряд Дневные хищные птицы – 10 видов (скопа, беркут, орлан-белохвост, тетеревиный, зимняк, кречет, сапсан, дербник, обыкновенная пустельга, чеглок); отряд Курообразные – 5 видов (глухарь (рис. 4.2), тетерев, рябчик, куропатки тундряная (рис. 4.3, 4.4) и белая); отряд Журавлеобразные – 1 вид (серый журавль); отряд Ржанкообразные – 22 вида (кулики – 14, чайки – 5, крачки – 1, чистики – 2 вида); отряд Голуби – 1 вид; отряд Кукушки – 1 вид; отряд Сова – 5



Рис. 4.2. Глухарь.
Фото А. Гилязова



Рис. 4.3. Тундряная куропатка.
Фото А. Гилязова



Рис. 4.4. Самка тундряной куропатки.
Фото А. Гилязова

видов (белая, ястребиная совы, мохноногий и воробьиный сычи, бородатая неясыть); отряд Стрижи – 1 вид; отряд Дятлообразные – 4 вида (вертишейка и дятлы); отряд Воробьеобразные – 49 видов (ласточки – 3, трясогузки и коньки – 3, сорокопуты – 1, врановые – 5, славковые – 2, мухоловки – 2 (рис. 4.5), дроздовые – 8, синицы – 3, вьюрковые – 11, овсянковые – 5 и по 1 виду из других семейств: свиристель (рис. 4.6), оляпка, желтоголовый королек, длиннохвостая синица, поползень, домовый воробей).

Обилие видов, сходное с таковым для населений птиц средней полосы Европейской части России, объясняется разнообразием биотопов района исследований. В материковой части Евразии однообразные лесные массивы, болота и горные системы тянутся на тысячи километров. В Лапландии на протяжении сотни километров представлены «в миниатюре» разнообразные ландшафты Евразии: горы, озера, реки и ручьи, длинные леса, лесотундра, болота и тундры в разных сочетаниях. Особенность Лапландии – малая площадь лугов.

Другая причина разнообразия видов – то, что через область проходят пути пролета арктических и субарктических популяций птиц Восточной Европы, Сибири, арктических островов. Поэтому здесь на пролете обычны морские и тундровые виды птиц (рис. 4.7), возможны залеты нехарактерных для региона редких видов птиц [Бианки и др., 1993].

Третья причина – прохождение в районе исследований северной границы ареалов южных видов и изменчивость этой границы из-за погодных и других факторов. Поэтому значительная часть видов птиц появляется только эпизодически, т.е. залетают с южных направлений на миграционной волне – во время пролётов на места гнездовый или обратно к зимовкам.

В большей степени разлет характерен для молодых птиц-сеголетков, а также больше для самок, нежели самцов. Т.е. характер пребывания птиц не простой, ими адекватно используются самые различные варианты в ответ на изменения условий обитания. Наши северные субарктические виды наиболее интересны способностью не только выживать, но и благополучно размножаться в суровых погодных условиях и при огра-



Рис. 4.5. Самец горихвостки.
Фото А. Гилязова



Рис. 4.6. Свиристель.
Фото А. Гилязова



Рис. 4.7. Золотистая ржанка.
Фото А. Гилязова

ние на численность и распространение птиц оказывает деятельность человека. Антропогенное воздействие не всегда негативное, и некоторые виды процветают рядом с человеком. Несовершенство методов утилизации пищевых отходов способствуют возникновению своеобразных городских орнитокомплексов. Обилие корма и другие экологические факторы определяют в городах высокую численность типичных синантропных видов птиц и внедрение более южных видов, привлекают в населенные пункты представителей аборигенной фауны птиц [Гилязов, 2012, 2015]. С 1980-х гг. на теплых стоках воды, использованной в технологическом цикле КАЭС наблюдается зимовка крякв.

Возможность зимовки водоплавающих птиц на стоках КАЭС – единственный факт, показывающий существенное влияние деятельности станции на население птиц в настоящее время. Кроме того, трансформация ландшафтов и соответствующая деградация растительности вызывает изменения эколого-фаунистических показателей населения птиц. Для определения изменений птичьего населения в зоне деятельности КАЭС необходимо проведение специальных работ.

Охотничьи виды и охотничьи угодья. По правилам охоты, принятым в РФ (приказ Минприроды от 16 ноября 2010 г. № 512), из списка видов птиц, приведенного в Приложении 9, 34 вида являются охотничьими. Наибольшую ценность как объекты спортивной охоты представляют гуменник и белолобый гусь (рис. 4.8), 7 видов речных уток (рис. 4.9), 6 видов нырков и 2 вида крохалей. Боровая дичь представлена глухарем, тетеревом, рябчиком и белой куропаткой. Благодаря разнообразию, обширности и сохранности

ническом выборе и доступности кормовых объектов. И все-таки из-за суровости условий среды в Лапландии, плотность населения птиц невысока по сравнению с плотностью птиц того же вида в более южных аналогичных местообитаниях.

В районе исследований основными экологическими факторами, регулирующими численность птиц, являются: погода; доступные пищевые ресурсы; наличие места обитания, включая места гнездования; хищники.

Все возрастающее со временем влия-



Рис. 4.8. Белолобый гусь.
Фото А. Гилязова

угодий, почти вся территория и акватория 30-км зоны пригодны для обитания и гнездования птиц. По ответвлению Беломорско-Балтийского миграционного пути по озерно-речным системам Кола – Имандра – Нива выражена весенняя и осенняя миграции водоплавающих и околоводных птиц, в том числе охотничьих видов. Благодаря доступности, эти угодья – наиболее популярны для любителей природы. Почти круглогодичное беспокойство, не является благоприятным экологическим фактором для птиц.



Рис. 4.9. Весенний селезень кряквы.
Фото А. Гилязова

Охраняемые виды и места их концентрации

Из 44 видов птиц, занесенных в последнее издание Красной книги Мурманской области [2014], в зоне радиусом 30 км вокруг КАЭС когда-либо наблюдались 26 видов, 8 видов нуждаются в особом внимании к их состоянию в природной среде («бионадзор»). Из них в Красную книгу России включены, соответственно, 9 и 4. За 2011-2019 гг. в 30-километровой зоне не зафиксированы 6 видов: пискулька, канюк, грязовик, большой кроншнеп, длиннохвостая неясыть, белозобый дрозд (табл. 4.1).

Гнездятся 17 видов: лебедь-кликун (рис. 4.10), луток, скопа, беркут, орлан-белохвост, кречет, дербник, сапсан, обыкновенная пустельга, чеглок, хрустан, грязовик, воробьиный сыч, бородатая неясыть (рис. 4.11), рюм или рогатый жаворонок обыкновенный (отмечался до 1960-х гг.), серый сорокопут, оляпка. Предположительно гнездятся 2 вида: серый журавль, филин. Остальные 14 видов не гнездятся. Среди них выделяются мигранты, гнездящиеся севернее и восточнее: большой баклан, белощекая и черная казарки, малый лебедь, пискулька, обыкновенная гага, белая сова,



Рис. 4.10. Лебеди кликуны. Фото А. Гилязова

Таблица 4.1. Виды птиц, включенные в Красную книгу Мурманской области и России, обитающие в 30-км зоне вокруг КАЭС

Вид	Статус вида в Красной Книге:	
	Мурманской области	России
Серощекая поганка	3	–
Черная казарка	–	3
Пискулька	2	2
Лебедь-кликун	3	–
Малый лебедь	3	5
Обыкновенная гага	5	–
Луток	3	–
Скопа	3	3
Обыкновенный канюк	3	–
Беркут	3	–
Орлан-белохвост	3	3
Кречет	2	2
Сапсан	2	2
Обыкновенная пустельга	3	–
Чеглок	3	–
Серый журавль	3	–
Хрустан	3	–
Грязовик	3	–
Большой кроншнеп	3	–
Белая сова	2	–
Филин	16	2
Воробьиныйсыч	–	–
Длиннохвостая неясыть	2	–
Бородатая неясыть	3	–
Рогатый жаворонок	3	–
Серый сорокопут	3	3
Оляпка	4	–
Белозобый дрозд	3	–

Категории статуса видов: 1 – исчезающие – численность вида достигла критического для выживания уровня; 2 – уязвимые – виды, численность которых быстро сокращается; 3 – виды естественно редкие, находящиеся на границе ареала, ставшие редкими из-за антропогенного воздействия, но численность которых стабильна, и восстанавливающиеся виды; 4 – статус неясный, малоизученный; 5 – занесены в Красную книгу РФ и международные красные книги, но не требуют специальных мер охраны в Мурманской области.



Рис. 4.11. Бородатая неясыть.
Фото А. Гилязова

длиннохвостая неясыть, белозобый дрозд. Сюда частично относятся грязовик и рюм, основные места гнездования которых расположены тоже севернее. Большой баклан единично встречается и летом. Это, вероятно, молодые, ещё не гнездящиеся особи, которых привлекают рыбные водоемы. С юга и юго-запада с основных районов обитания залетают чаще в теплые сезоны, 6 видов: серощекая поганка, канадская казарка, обыкновенный канюк, большой кроншнеп, вяхирь, длиннохвостая неясыть.

4.3. Млекопитающие

Млекопитающие, или звери – это позвоночные животные, для которых характерны теплокровность, живорождение и выкармливание детёнышей молоком. На территории окрестностей КАЭС (в пределах 30-км зоны) отмечено 33 вида млекопитающих, что составляет более 80% от разнообразия Мурманской области [Катаев и др., 1999]. Список видов окрестностей КАЭС приведен в приложении 10. Многие виды в районе исследований располагаются близ северных границ ареалов. Состав териофауны (мира зверей) гетерогенен и представлен арктическими, европейскими и сибирскими видами [Катаев, 2016].

Показатели обилия фоновых видов млекопитающих в основном сохраняются на прежнем уровне, что и при подготовке данных для предыдущего издания [Маслобоев и др., 2010]. Все население млекопитающих в 30-км зоне вокруг КАЭС можно разделить на пять групп на основе их стабильности и численности. Первая группа включает аборигенные виды, популяции которых исчезли с территории региона в течение последних 100 лет, либо их существование в природе крайне неустойчиво. Это обыкновенный бобр, выдра, рысь и лесной лемминг. Ко второй группе относятся виды, численность которых всегда была низкой – волк, куница, летяга, обыкновенная кутора, малая бурозубка и некоторые другие. Третья группа объединяет зверей, которые были обычными в прошлом и стали редкими: северный олень и норвежский лемминг (рис. 4.12), который является эндемиком



Рис. 4.12. Норвежский лемминг.
Фото Г. Катаева



Рис. 4.13. Медведица с медвежатами.
Фото О. Натальской



Рис. 4.14. Ласка.
Фото Р. Катаевой

Фенноскандии и в России представлен только в Мурманской области. К четвертой относятся виды со стабильной численностью и широко распространенные как в прошлом, так и сейчас: бурый медведь (рис. 4.13), заяц беляк, лисица, белка, обыкновенная и средняя бурозубки, горностаи, ласка (рис. 4.14) и росомаха. Замыкает принятую нами схему подразделения млекопитающих группа, куда входят новые виды и увеличившие свою численность. К ним относятся европейская косуля, ондатра, американская норка и лось [Катаев и др., 1999]. Из синантропных видов (связанных с жильём человека) встречается домовая мышь. Большинство видов зверей имеют широкое распространение в исследуемом районе (Приложение 10).

Видовой состав, ландшафтное распределение и обилие населения грызунов и насекомоядных были прослежены за длительный период времени в Лапландском заповеднике, юго-восточная часть которого входит в границы исследуемой зоны КАЭС. Здесь на стационаре «Ельнюн» ведется многолетний

мониторинг численности мелких млекопитающих [Семенов-Тянь-Шанский, 1970; Катаев, 2016]. Материалы, полученные на стационаре, характеризуют сообщество землероек и мышевидных грызунов как динамичную зоологическую систему. Региональные природные изменения в соотношении видов мелких млекопитающих подтверждены на примере непрерывного мониторингового ряда за 83 года наблюдений по временным отрезкам за 32, 28 и 21 год (табл. 4.2).

Грызуны и насекомоядные – полевки, лемминги и землеройки – являются основным компонентом сообществ млекопитающих. Их численность претерпевает прогнозируемые изменения по годам. Вслед за этими колебаниями происходит изменение численности зверей-миофагов, таких как горностаи, ласка, лисица, куница. Амплитуда колебаний численности лесных полёвок достигает 70-кратной величины с периодом в 3-4 года. Среди млекопитающих доминируют в лесном поясе красно-серая полевка (13 экз./га), в горно-тундровом – норвежский лемминг (11 экз./га), субдоминантами являются рыжая полевка (8 экз./га), средняя и обыкновенная бурозубки (4 экз./га), в отдельные годы и полевка-экономка (4 экз./га).

Таблица 4.2. Хронографическая перестройка видовой структуры сообщества мелких млекопитающих: данные о численности (абс.) и соотношении видов (%) по указанным периодам в 30-км зоне влияния КАЭС.

Вид	1936-1968 гг.		1969-1997 гг.		1998-2019 гг.	
	Количество особей и соотношение видов					
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Полёвка красно-серая	1883	61.2	2844	82.0	2115	77.6
Полёвка европейская рыжая	837	27.2	134	3.9	122	4.48
Полёвка красная	33	1.1	5	0.14	53	1.94
Лемминг норвежский	19	0.62	13	0.4	2	–
Лемминг лесной	11	0.4	7	0.2	16	0.59
Полёвка экономка	4	0.13	43	1.2	14	0.5
Тёмная полёвка	1	0.03	56	1.6	3	0.1
Кутора обыкновенная	2	0.07	1	0.03	3	0.1
Бурозубка обыкновенная	71	2.31	203	5.8	302	11.1
Бурозубка средняя	184	6.0	130	3.8	82	3.0
Бурозубка малая	28	0.91	30	0.9	12	0.4
Итого	3074	100	3466	100	2726	100

В условиях Мурманской области насекомоядные млекопитающие (землеройки-бурозубки) являются видами-биоиндикаторами нарушения природной среды [Катаев, 1995, 2012]. В окрестностях КАЭС отмечено устойчивое их присутствие в териологическом комплексе (табл. 4.2), что указывает на удовлетворительную современную экологическую обстановку.

Подавляющее большинство млекопитающих обитает в долинных биотопах и в склоновых хвойных лесах. Среди мелких млекопитающих не редки обыкновенная бурозубка, красно-серая, темная полёвки и экономка (рис. 4.15). Для них характерны циклические изменения численности по годам. Реже встречаются рыжая и красная полёвки, а также малая бурозубка, которая придерживается еловых лесов. Лесной лемминг так же встречается редко; характерны резкие нерегулярные всплески численности по годам. В распространении он тяготеет к предгорным и равнинным ельникам. Население млекопитающих комплекса горнолесных местообитаний характеризуется бедностью состава.



Рис. 4.15. Полёвка экономка.
Фото О. Натальской

Из видов мелких млекопитающих многочисленны обыкновенная и средняя бурозубка, тёмная и красно-серая полёвки, норвежский лемминг. Во всех лесах широко распространена белка обыкновенная (6.0 экз./1000 га). Возможны заходы летяги из Карелии, Финляндии во время периодических миграций. Среди мелких хищников представлены горностаи (5 экз./1000 га), лисица (2 экз./1000 га) и американская норка (0.3 экз./1000 га), среди крупных хищников – бурый медведь, россомаха и волк. Среди копытных наиболее распространен лось.

В горно-тундровом поясе повсеместно распространен норвежский лемминг. Для него характерны резкие нерегулярные и глубокие перепады численности по годам и номадность (совершение миграций) при пиках численности. Из крупных млекопитающих обычна горно-тундровая форма северного оленя.

Состав фауны комплекса долинных и околородных местообитаний за последнее десятилетие [Маслобоев и др., 2010] в основном остался без изменений. В нем представлены: полёвка-экономка, ондатра, американская норка, речная выдра и бобр. Ондатра малочисленна, спорадически распространена по долинным биотопам рек и озерным расширениям. С 1930 г. она была неоднократно интродуцирована в южной части Мурманской области. Бобр изредка обитает по долинам рек (0.1 экз./1000 га). В области был реакклиматизирован в 1934 г. Выдра распространена повсеместно, однако численность сократилась за последние полвека в 8 раз [Семенов-Тян-Шанский, 1982]. Очень редко встречается обыкновенная кутора, которая приурочена так же к долинным биотопам в предгорно-лесном поясе и в своем распространении тесно связана с околородной средой.

В населенных пунктах и близ жилья человека встречаются синантропные виды. Домовая мышь обычна в селитебной территории, однако в природных экосистемах не встречается. Серая крыса редко встречается в окрестностях населенных пунктов с рудеральной растительностью и на трансформированных территориях. В последние десятилетия увеличилось число встреч крупных хищников близ населенных пунктов. Волки или следы их жизнедеятельности регистрируются повсеместно и почти ежегодно в районе исследований [Семенов-Тян-Шанский, 1982]. Единичные встречи рыси были отмечены в 1947, 1972, 1977 и 2018 гг. [Семенов-Тян-Шанский, 1982; Катаев, Катаева, 2018].

Промысловые виды и промысловые угодья. Охотничья фауна территории небогата, но виды, относящиеся к охотничьей фауне – белка (рис. 4.16), заяц-беляк, лисица, норка, куница, лось – являются обычными и широко распространенными в 30-км зоне влияния КАЭС. Лесные экосистемы – основ-



Рис. 4.16. Белка обыкновенная.
Фото Р. Катаевой

ные и главные местообитания наземных промысловых животных. Вырубка лесов, пожары, прокладка линейных объектов, в том числе ЛЭП, может вызвать перераспределение кормовых угодий этих животных и повлечь за собой изменение путей сезонной миграции стад и сокращение количества мест пригодных для зимовок лося.

Охраняемые виды, оценка состояния их биотопов

На территории окрестностей КАЭС обитают 7 видов млекопитающих, внесенных в Красную книгу Мурманской области [2014] (табл. 4.3) и 1 вид из Перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (приказ Минприроды РФ от 24.03.2020 № 162).

Все охраняемые виды млекопитающих являются редкими в окрестностях КАЭС. Северный кожанок (летучая мышь, проникающая столь далеко на Север) встречается на открытых местах, в скальных разломах и трещинах. Обыкновенная кутора тесно связана с водной средой; лимитирующим фактором в ее распространении является обилие почвенных и водных беспозвоночных. Речная выдра держится по берегам рек, озер, где для обитания важно сохранение рыбных запасов. Для бобра, рыси и косули лимитирующими факторами являются суровый климат и неограниченный отстрел на фоне общей низкой численности в условиях северной границы ареала. Численность популяции северного оленя очень нестабильна.

Таблица 4.3. Виды млекопитающих, включенные в Красную книгу Мурманской области и России, обитающие в 30-км зоне вокруг КАЭС

Вид	Статус вида в Красной Книге:	
	Мурманской области	России
Северный кожанок	3	–
Кутора обыкновенная	3	–
Бобр обыкновенный	1а	–
Выдра речная	2	–
Рысь	4	–
Северный олень	3	3
Косуля	4	–

Категории статуса видов: 1а – в критическом состоянии; 2 – уязвимый; 3 – редкий; 4 – недостаток данных.

Таким образом, со времени прошедших исследований в районе КАЭС [Маслобоев и др., 2010] в природном териокомплексе количественных изменений не произошло, состав видов остается прежним. Анализ видов-биоиндикаторов нарушения природной среды показал удовлетворительную современную экологическую обстановку. Основное отрицательное воздействие на редкие и промысловые виды возможно через факторы беспокойства, браконьерства и пожары, поэтому необходимы охотничий надзор и соблюдение природоохранного законодательства.

Глава 5

Экологическая оценка состояния воздушного бассейна

5.1. Оценка загрязнения атмосферного воздуха

Одним из приоритетных направлений в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия жителей Мурманской области является улучшение состояния атмосферного воздуха, предотвращения и снижения вредных химических, физических, биологических и иных воздействий на атмосферу, вызывающих неблагоприятные последствия для населения, обеспечение благоприятных условий для жизни, труда и отдыха. В области действует около 170 малых и крупных предприятий, которые ежегодно выбрасывают в атмосферный воздух более 300 тысяч тонн вредных веществ.

По данным государственных докладов о состоянии окружающей среды в Мурманской области [Доклад..., 2020], в 2019 г. объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составил 252.9 тыс. тонн, что на 8.1 % меньше, чем в 2018 г. В общем объеме поступления загрязняющих веществ в атмосферу доминировали выбросы от стационарных источников (231.166 тыс. т, из них большая часть – 67.7 % – выбросы диоксида серы).

В 2019 г. объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта уменьшился на 38.3 тыс. т по сравнению с 2018 г.

Отмечена положительная динамика сокращения выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в Мурманской области за 2015–2019 гг.

В 2019 г. сохраняется тенденция к снижению объемов выбросов тяжелых металлов и их соединений в атмосферный воздух: диванадий пентоксид, свинец и его соединения, медь оксид, хром. Также отмечается увеличение выбросов тяжелых металлов и их соединений в атмосферный воздух по сравнению с 2018 г.: марганец и его соединения, мышьяк, неорганические соединения, никель и его соединения [Доклад..., 2020].

В общем количестве выбросов основных загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух 2019 г. (рис. 5.1), доля г. Полярные Зори с подведомственной территорией составляет всего 0.08% (например, соседний городской округ Мончегорск с подведомственной территорией сбрасывает 20.61% загрязняющих атмосферу веществ).

5.2. Оценка влияния радионуклидов на атмосферу

Наблюдения за содержанием радионуклидов в объектах природной среды на территории Российской Федерации проводятся стационарными пунктами наблюдения (гидрометеостанциями и постами), входящими в систему радиационного мо-

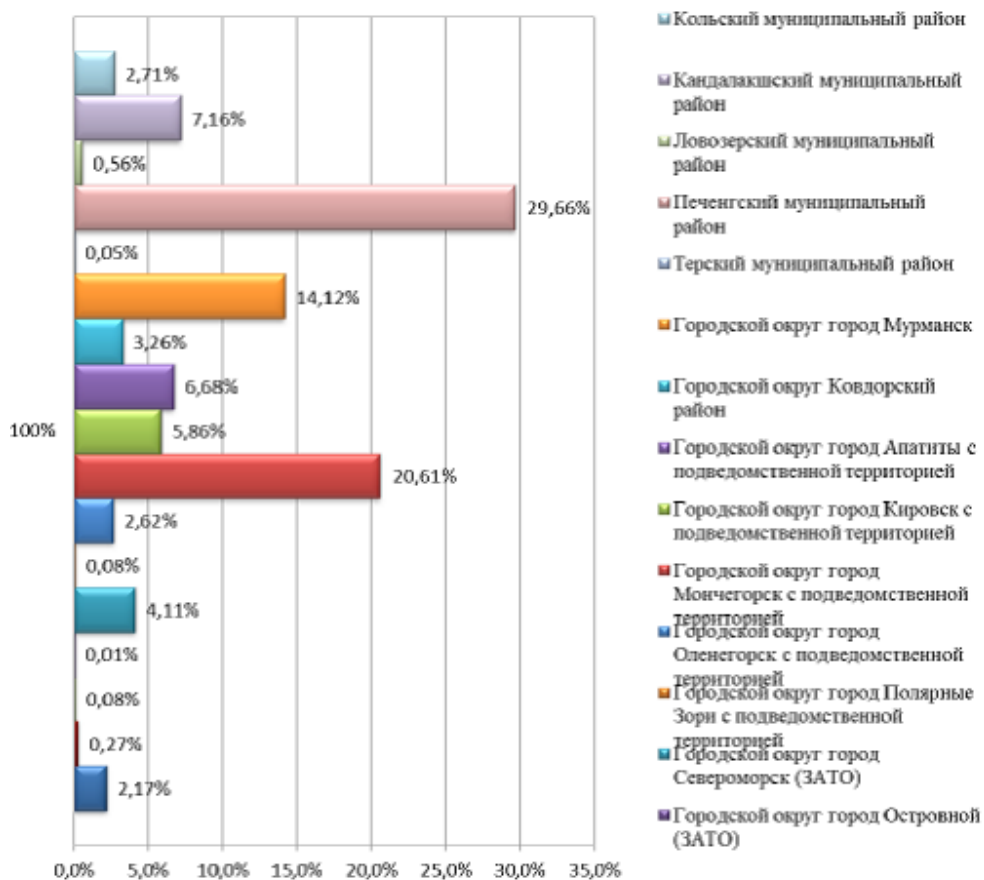


Рис. 5.1. Выбросы основных загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух по муниципальным районам и городским округам Мурманской области в 2019 г., % [Доклад..., 2020]

нитинга Росгидромета. Мониторинг радиоактивного загрязнения на территории Кольского полуострова проводится на гидрометеорологических станциях и постах наблюдения ФГБУ «Мурманского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (далее – Мурманское УГМС).

По данным ежедневных измерений мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МЭД) на территории Мурманской области находилась в пределах колебаний природного радиационного фона (0.07–0.19 мкЗв/час). При мониторинге приземной атмосферы пробы радиоактивных аэрозолей и выпадений на подстилающую поверхность отбирались непрерывно с суточной экспозицией, определялось содержание суммы β-активных и отдельных радионуклидов техногенного и естественного происхождения [Доклад..., 2020].

На всей территории Мурманской области преобладают низкие уровни радиации. Особенно низки они над заболоченными местностями – 2.5 микрорентген в час. Основной вклад в формирование мощности дозы гамма-излучения вносят

естественные радиоактивные элементы (уран, торий и калий) содержащиеся в горных породах. Повышенными значениями характеризуются участки с выходами на поверхность щелочных и плагиомикrokлиновых гранитов и пегматитов (до 20 микрорентген в час). Максимальные значения уровня радиации (до 40 микрорентген в час) формируются в районе Хибинского и Ловозерского массивов, что обусловлено повышенными содержаниями в породах урана и тория. Потенциальную опасность для населения Мурманской области может представлять радон, поступающий и накапливающийся по тектонически ослабленным зонам на поверхность. В настоящее время это явление может стать экологической проблемой для следующих населенных пунктов: Кировск, Ревда, Ковдор.

По содержанию ^{137}Cs территория относится к незагрязненной, так как запасы его меньше 1 Ки/кв. км. Практически вся сумма запаса ^{137}Cs формируется за счет глобальных выпадений от испытаний и Чернобыльской аварии и распределяется в слое почвы 0-20 см. Доля ^{137}Cs составляет 30% и локализуется он в верхнем слое почвы до 2 см.

Загрязнение ^{137}Cs территории Мурманской области имеет характер отдельных пятен, что объясняется неравномерностью выпадений атмосферных осадков. На 80% площади уровень загрязнения не превышает 0.1 Ки/кв. км. Пятна свыше 0.1 Ки/кв. км сосредоточены в западной части области, где они образуют вытянутые в субширотном направлении полосы протяженностью свыше 100 км при ширине до 25 км. К западу от Алакуртти зафиксированы два следа широтного направления с запасом цезия 0.2-0.4 Ки/м². Отдельные точки с запасом ^{137}Cs до 0.3-0.4 Ки/м² зафиксированы в Хибинских тундрах при общем фоновом загрязнении 0.1-0.15 Ки/м² [Доклад..., 2020].

Радиационная обстановка в районе размещения КАЭС. МРУ №118 ФМБА России осуществляет государственный санитарно-эпидемиологический надзор на территории города Полярные Зори, поселков Африканда, Зашеек, санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения КАЭС. Помимо Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» на поднадзорной территории находятся ещё три организации, которые могут оказывать влияние на радиационную обстановку, это МРУ №118 ФМБА России, Филиал АО «Атомэнергоремонт» «Колатамэнергоремонт», ООО «Кольская АЭС-Авто» [Доклад..., 2020].

По результатам мониторинга мощность дозы гамма-излучения на местности в ЗН в 2019 г. составила 0.08 – 0.11 мкЗв/ч, что не превышает средних значений по России 0.04-0.20 мкЗв/ч и находится на стабильном уровне за последние годы.

Радиационную обстановку на территории городского округа города Полярные Зори и в районе размещения КАЭС можно считать удовлетворительной, поскольку она в целом отвечает требованиям санитарного законодательства. Длительный мониторинг радиологических показателей не подтверждает возможность неблагоприятного воздействия деятельности КАЭС на среду обитания человека. Влияние КАЭС в режиме нормальной эксплуатации на радиационную обстановку в районе её расположения пренебрежимо мало.

5. 3. Микробиологический состав воздуха

Между микробиологическим (бактериологическим) составом воздуха и здоровьем населения существует тесная взаимосвязь, особенно в больших городах и в районах промышленных предприятий. Микробиологический анализ воздуха проводят для изучения условий воздушной среды и разработки комплекса гигиенических мероприятий, направленных на предупреждение воздушно-капельных инфекций.

Отбор проб воздуха проводили автоматическим пробоотборником ПУ-1Б с принудительным осаждением микроорганизмов на поверхность суло-агара с добавлением молочной кислоты для определения грибов и мясо-пептонного агара для учета бактерий. Пропускали 500 л воздуха на каждой площадке на высоте 1.2 м.

Расчет численности микроорганизмов в 1 м^3 воздуха проводили по формуле:

$C = P \times K$, где C – численность микроорганизмов в 1 м^3 воздуха, P – количество колоний на чашках, K – коэффициент пересчета на 1 м^3 ($K = 2$, если объем воздуха 500 л).

Атмосферный воздух не является благоприятной средой для развития микроорганизмов из-за нехватки питательных веществ, сухости, повышенной температуры в определенные периоды и ультрафиолетового облучения. Однако микроорганизмы могут находиться и сохранять свою жизнеспособность в воздушной среде, особенно на частицах пыли, длительное время [Влодавец, 1979; Jedryczka, 2014].

Основными источниками микроорганизмов в воздухе являются почва и растительность. Количественный и качественный состав микробиоты атмосферного воздуха зависит от климатических и метеорологических условий, сезона года, близости промышленных предприятий и других факторов. Количество микроорганизмов в воздухе может колебаться в широких пределах и достигать десятков тысяч в 1 м^3 . Отмечается прямая зависимость содержания грибных пропагул в воздухе (это в основном споры, имеющие защитные механизмы к неблагоприятным факторам) от их содержания в почве [Евдокимова и др., 2012; Evdokimova et al., 2014].

Данные по численности бактериального аэропланктона, полученные для соснового и елового лесов в 15-км радиусе вокруг КАЭС, говорят о достаточной чистоте района расположения предприятия по этому показателю: численность бактерий не превышала 60 клеток в 1 м^3 (рис. 5.2). По мере удаления от атомной станции число бактериальных клеток в воздухе снижалось до 8–40 кл/м³, что свидетельствует о бактериологической чистоте воздуха в лесных экосистемах. Среди бактерий преоблада-

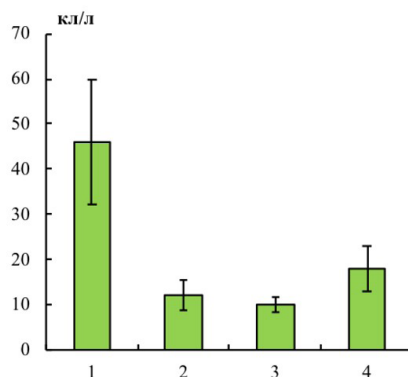


Рис. 5.2. Численность бактерий (к/л) в воздухе в зоне воздействия КАЭС: 1 – ельник в 15 км, 2 – сосняк в 15 км, 3 – ельник на расстоянии > 100 км, 4 – сосняк на расстоянии > 100 км

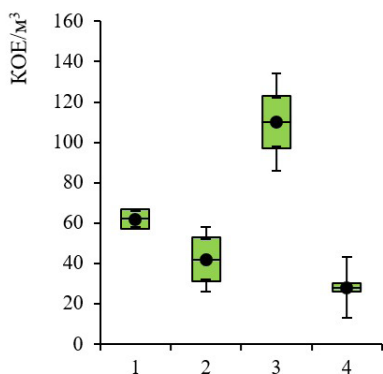


Рис. 5.3. Численность микромицетов – аэробиионтов в зоне воздействия КАЭС,

- 1 – ельник в 15-км радиусе,
- 2 – ельник на расстоянии > 100 км,
- 3 – сосняк в 15-км радиусе,
- 4 – сосняк на расстоянии > 100 км

ли споровые пигментированные формы, устойчивые к высушиванию и солнечной радиации, что согласуется с результатами ряда других исследований приземного слоя воздуха [Ахмедова, Джафарова, 2012; Евдокимова, Мозгова, 2016].

Численность микромицетов в воздухе елового леса вблизи КАЭС была низкой и изменялась от 52 до 72 КОЕ/м³. В сосновом лесу ее значения были близки к средним для фоновых территорий Кольского полуострова [Корнейкова, Мозгова, 2016] и колебались в пределах 84–136 КОЕ/м³. При этом в лесах, более удаленных от атомной станции, численность микромицетов несколько ниже – в полтора раза для соснового леса (24–32 КОЕ/м³), в 5 раз – для елового (20–64 КОЕ/м³) (рис. 5.3). Известно, что количественный и качественный состав микробиоты атмосферного воздуха зависит от климатических и метеорологических условий. Так, в год проведения исследований низкая численность микромицетов может быть связана с малым количеством осадков и длительным засушливым периодом. Более высокие значения численности вблизи КАЭС объясняются довольно высоким уровнем освоенности этого района – сосредоточением крупных промышленных предприятий и населенных пунктов.

Таксономическое разнообразие микромицетов – аэробиионтов в еловом лесу вблизи КАЭС представлено 8 видами, относящимися к 5 родам, 5 семействам, 5 порядкам, 3 классам и 1 отделу, в еловом лесу, расположенном на удаленном расстоянии, – 7 видами из 3 родов, 4 семейств, 4 порядков, 2 классов, 1 отдела (табл. 5.1). Существенной разницы в количестве видов не выявлено, однако степень сходства видового состава микокомплексов воздушной среды сравниваемых ельников составила 67%, что свидетельствует о средней степени схожести. Виды *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium dierckxii*, *Pseudeurotium hygrophilum* обнаружены в воздухе вблизи КАЭС, но отсутствовали в ельнике, расположенном на удаленном расстоянии, тогда как виды *P. multicolor*, *Aphanoascus fulvescens* были отмечены только на удаленном от КАЭС расстоянии.

Таксономическое разнообразие микромицетов – аэробиионтов в сосновом лесу вблизи КАЭС представлено 12 видами, относящимися к 7 родам, 7 семействам, 7 порядкам, 3 классам и 1 отделу, в сосняке на удаленном расстоянии – 9 видами, относящимися к 8 родам, 7 семействам, 7 порядкам, 3 классам и 1 отделу (табл. 5.1). Вблизи атомной станции видовое разнообразие микромицетов несколько выше, чем на удаленном расстоянии. Степень сходства видового состава микокомплексов воздушной среды сравниваемых сосняков была несколько меньше, чем для ельников,

Таблица 5.1. Таксономическое разнообразие микромицетов – аэробиионтов в зоне воздействия КАЭС

Вид	15-км радиус вокруг КАЭС		> 100 км от КАЭС	
	ельник	сосняк	ельник	сосняк
Отдел <i>Ascomycota</i> Подотдел <i>Pezizomycotina</i> Класс <i>Dothideomycetes</i> Подкласс <i>Dothideomycetidae</i> Порядок <i>Dothideales</i> Семейство <i>Sacotheciaceae</i>				
<i>Aureobasidium microstictum</i> (Bubák) W.B. Cooke		+		
* <i>A. pullulans</i> (de Bary & Löwenthal) G. Arnaud	+	+		
Подкласс <i>Pleosporomycetidae</i> Порядок <i>Pleosporales</i> Семейство <i>Torulaceae</i>				
<i>Torula expansa</i> (Kunze) Pers.		+		
Класс <i>Eurotiomycetes</i> Подкласс <i>Eurotiomycetidae</i> Порядок <i>Eurotiales</i> Семейство <i>Aspergillaceae</i>				
* <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.				+
* <i>Penicillium dierckxii</i> Biourge	+			
* <i>P. glabrum</i> (Wehmer) Westling	+	+	+	
* <i>P. multicolor</i> Grig.-Man. & Porad.			+	
* <i>P. spinulosum</i> Thom	+	+	+	
* <i>P. thomii</i> Maire	+	+	+	
Порядок <i>Onygenales</i> Семейство <i>Onygenaceae</i>				
* <i>Aphanoascus fulvescens</i> (Cooke) Apinis		+	+	+
Класс <i>Leotiomycetes</i> Подкласс <i>Leotiomycetidae</i> Порядок <i>Erysiphales</i> Семейство <i>Amorphothecaceae</i>				
* <i>Oidiodendron griseum</i> Robak	+	+	+	+
<i>O. rhodogenum</i> Robak		+		+
Порядок <i>Helotiales</i> Семейство <i>Sclerotiniaceae</i>				
* <i>Botrytis cinerea</i> Pers.	+	+	+	+
Порядок <i>Thelebolales</i> Семейство <i>Thelebolaceae</i>				
<i>Pseudeurotium hygrophilum</i> (Sogonov, W. Gams, Summerb. & Schroers) Minnis & D. L. Lindner	+	+		+
Класс <i>Sordariomycetes</i> Подкласс <i>Hypocreomycetidae</i> Порядок <i>Hypocreales</i> Семейство <i>Incertae sedis</i>				
* <i>Cephalosporium bonordenii</i> Sacc.				+
Порядок <i>Microascales</i> Семейство <i>Ceratocystidaceae</i>				
<i>Berkeleyomyces basicola</i> (Berk. & Broome) W. J. Nel, Z. W. de Beer, T. A. Duong & M. J. Wingf.				+
<i>Incertae sedis</i>				
<i>Mycelia Sterilia black</i>		+		+
<i>Mycelia Sterilia white</i>				
ВСЕГО: Отделов/Классов/ Порядков/Семейств/Родов/Видов	1/3/5/5/5/8	1/3/7/7/7/12	1/2/4/4/3/7	1/3/7/7/8/9

Примечание: * - условно-патогенные микромицеты.

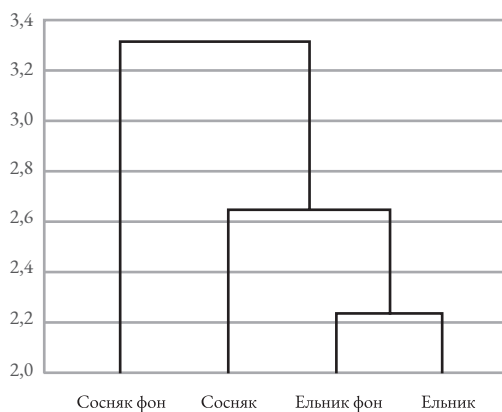


Рис. 5.4. Дендрограмма сходства видового состава микромицетов – аэриобионтов в разных типах леса на разном расстоянии от КАЭС. Степень сходства видового состава рассчитана по коэффициенту Сьеренсена-Чекановского

леса на разном расстоянии от атомной станции (рис. 5.4). В целом, видовое разнообразие грибов в воздухе соснового леса выше, чем в еловом лесу, независимо от расстояния от атомной станции. Лишь два вида, *Oidiodendron griseum* и *Botrytis cinerea*, встречались на всех участках.

Анализ индекса обилия показал, что вблизи атомной станции комплексы микромицетов – аэриобионтов имеют некоторые особенности структуры. В еловом лесу как вблизи КАЭС, так и на удаленном расстоянии, видов – супердоминантов не выявлено. Грибы *Botrytis cinerea* и *Penicillium thomii* доминировали вблизи атомной станции с индексом обилия 30, в ельнике, расположенном на удаленном расстоянии от КАЭС, доминировал *Oidiodendron griseum* (рис. 5.5). Выявлены различия в составе видов – доминантов в еловом лесу на разном расстоянии от КАЭС. Так, виды, которые преобладали вблизи атомной станции, имели низкую частоту встречаемости в лесу на удаленном расстоянии, и наоборот, виды, доминирующие на значительном удалении от атомной станции, были редкими вблизи КАЭС.

В сосновом лесу, в отличие от елового, была выявлена более существенная разница в структуре сообщества микромицетов. Так, вблизи КАЭС выявлен один вид – супердоминант (*Aphanoascus fulvescens*) с индексом обилия 60% (рис. 5.6). Обилие остальных видов изменялось в диапазоне 1–15%. В сосновом лесу на удаленном расстоянии от КАЭС лишь три вида имели обилие 10–20%, супердоминантов выявлено не было. Состав видов-доминантов схож для обоих участков: вид *Aphanoascus fulvescens* доминировал как вблизи станции, так и на удаленном расстоянии. Вид *Oidiodendron griseum* также имел схожее обилие. Можно лишь отметить существенное снижение обилия вида *Pseudeurotium hygrophilum* вблизи атомной станции по сравнению с удаленным участком.

и составила 57%, что также свидетельствует средней степени схожести. Виды родов *Aureobasidium* (*A. microstictum*, *A. pullulans*) и *Penicillium* (*P. glabrum*, *P. spinulosum* и *P. thomii*) встречались только в воздухе сосняка вблизи атомной станции, в то время как виды *Aspergillus versicolor*, *Cephalosporium bonordenii*, *Berkeleyomyces basicola* – только в фоновом сосняке.

Дендрограмма сходства видового состава микромицетов – аэриобионтов в разных типах леса на разном расстоянии от атомной станции свидетельствует о том, что видовой состав комплексов микромицетов воздуха ельника и сосняка, расположенных в 15-км радиусе, более сходен, чем видовой состав каждого типа

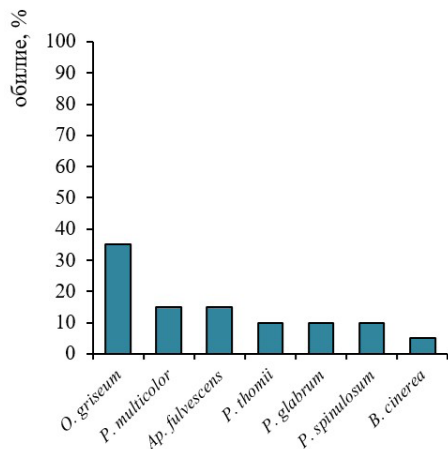
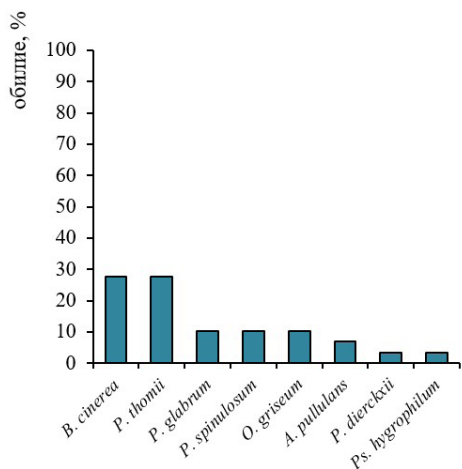


Рис. 5.5. Обилие (%) микромицетов в воздухе елового леса:
А – 15 км от КАЭС, В – > 100 км от КАЭС

Анализ синэкологических индексов показал, что наиболее выровненная структура характерна для лесов, удаленных от КАЭС, о чем свидетельствует максимальное значение индекса Пиелу и минимальное значение индекса Симпсона (табл. 5.2). Индекс разнообразия Шеннона изменялся от 2.17 до 2.99 и существенно не отличался для всех типов леса как вблизи атомной станции, так и на удаленном участке. Такие значения индекса в целом являются типичными для северных регионов.

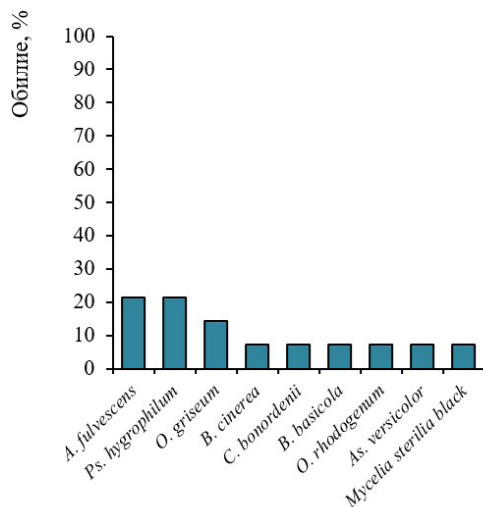
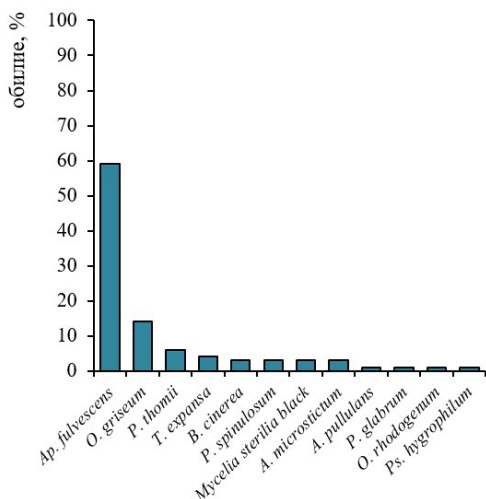


Рис. 5.6. Обилие (%) микромицетов в воздухе соснового леса:
А – 15-км радиусе вокруг КАЭС, В – > 100 км от КАЭС

Таблица 5.2. Значения синэкологических индексов для комплексов микромицетов – аэробийонтов в зоне воздействия КАЭС

Участок	Индексы		
	Шеннона (H)	Симпсона (C)	Пислу (e)
Ельник в 15-км радиусе	2.64	0.19	0.88
Сосняк в 15-км радиусе	2.17	0.38	0.61
Ельник, > 100 км	2.56	0.2	0.91
Сосняк, > 100 км	2.99	0.14	0.94

Известно, что в антропогенно-измененных экосистемах происходит увеличение встречаемости потенциально патогенных микроскопических грибов (грибов – оппортунистов), хорошо адаптирующихся к изменяющимся условиям окружающей среды [Li, Kendrick, 1995; Петрова-Никитина и др., 2000; Иванова, Кирцидели, 2005; Марфенина, 2005; Жданова и др., 2006; Богомолова и др., 2012]. В связи с этим одним из этапов работы была оценка доли оппортунистических грибов в воздухе соснового и елового леса вблизи атомной станции и сравнение с удаленными участками.

Выявлено увеличение доли оппортунистических видов как в еловом (до 88%), так и в сосновом лесу (до 67%) вблизи атомной станции по сравнению с удаленными участками, где их доля составляла 57% и 56% соответственно (рис. 5.7 и 5.8).

Существует множество классификаций, согласно которым микромицеты относят к группе аллергенных [Niedoszytko et al., 2007; Simon-Nobbe et al., 2007; Benndorf et al., 2008; Weigl et al., 2015; Green, 2018], патогенных [Саттон и др., 2001; СанПиН 1.3.2322-08, 2008; de Hoog et al., 2011] и др. Это разделение условное, и ряд видов может принадлежать одновременно к нескольким группам. Была рассчитана доля грибов, относящихся только к группе аллергенных, только патогенных и принадлежащих к обеим группам.

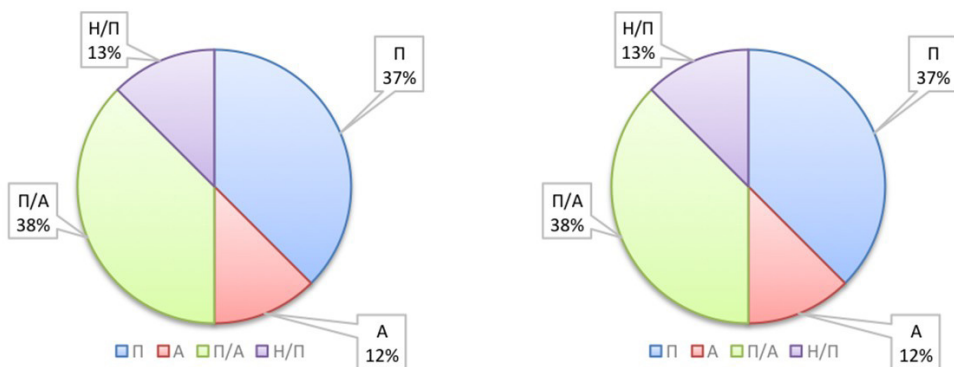


Рис. 5.7. Доля патогенных и аллергенных микромицетов-аэробийонтов в еловом лесу: А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – более 100 от КАЭС; П – патогенные, А – аллергенные, П/А – патогенные и аллергенные, Н/П – не патогенные

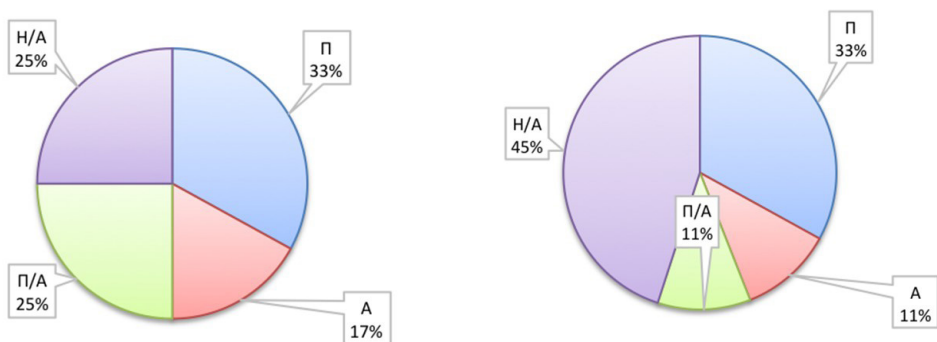


Рис. 5.8. Доля патогенных и аллергенных микромицетов – аэробиев в сосновом лесу: А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – более 100 от КАЭС; П – патогенные, А – аллергенные, П/А – патогенные и аллергенные, Н/П – не патогенные

Несмотря на то, что в воздухе ельника вблизи КАЭС доля грибов, относящихся как к патогенным, так и аллергенным видам увеличилась на 9 %, доля грибов, вызывающих только аллергические реакции уменьшилась на 2 %, а доля патогенных видов – на 20 % (рис. 5.7).

В воздухе соснового леса отмечены иные изменения в структуре видов – оппортунистов. Вблизи КАЭС доля грибов, относящихся к группе патогенных, не изменилась, в то время как доля аллергенных и грибов, относящихся к двум группам, немного увеличилась по сравнению с удаленными участками (рис. 5.8).

Таким образом, воздух в 15-км радиусе вокруг КАЭС характеризуется относительной чистотой по бактериологическому компоненту, как и воздух на удаленных участках. В составе бактериального сообщества преобладают пигментированные формы, устойчивые к солнечной инсоляции и другим факторам. В то же время в воздухе сосняка и ельника вблизи атомной станции численность микромицетов – аэробиев несколько выше, однако значения находятся в пределах нормы для северных лесных экосистем. Выявлены некоторый рост видового разнообразия микромицетов-аэробиев вблизи атомной станции в обоих типах леса и изменение структуры сообщества. В сосновом лесу изменения в большей степени касаются типа доминирования (переход от полидоминантной структуры к монодоминантной), тогда как в еловом лесу – состава доминирующих видов. В обоих типах леса отмечено небольшое увеличение доли грибов, потенциально опасных для здоровья человека, однако число видов грибов, способных вызывать аллергические реакции, остается на одном уровне. Некоторые особенности микобиоты воздуха соснового и елового лесов, расположенных в 15-км радиусе вокруг КАЭС, объясняются как естественными флуктуациями микроклиматических условий, так и значительной степенью освоения территории.

5.4. Мониторинг загрязнения атмосферных выпадений

Атмосферные осадки являются одним из компонентов окружающей природной среды и одновременно индикатором ее состояния и загрязнения от источни-

ков антропогенного воздействия. Химический состав осадков меняется в зависимости от природного влияния и антропогенной деятельности. В условиях воздушного промышленного загрязнения происходит существенная трансформация состава атмосферных выпадений, которая заключается в изменениях кислотности и концентраций тяжелых металлов, сульфатов и элементов питания на разных стадиях дигрессии.

Методы исследования. Исследования атмосферных выпадений были проведены на 3 мониторинговых площадках постоянного наблюдения (ППН) ИППЭС КНЦ РАН: Е-9 в 9 км, Е-21.5 в 21,5 км и фоновая территория в 128 км от КАЭС. Подробная характеристика ППН представлена в Приложении 12. Объектами исследования послужили атмосферные выпадения в виде снега и дождя в ельниках кустарничково-зеленомошных. Фоновая (контрольная) площадка соответствует всем критериям для контрольных площадок, утвержденным международной инструкцией [Методика..., 2008].

Отбор снегового керна проводили из ненарушенной стенки траншеи последовательно сверху вниз частями до поверхности почвы перед началом снеготаяния. Отбор проб снега осуществляли ежегодно с 2011 по 2019 гг. в подкروновых, межкروновых и безлесных пространствах в трехкратной повторности.

Осадкоприемники дождевых вод представляют собой пластиковые трубы, внутрь которой помещается полиэтиленовый пакет вместимостью до 3 литров, закрепляемый специальным колпаком. На мониторинговых площадках осадкоприемники смонтированы стационарно под кронами деревьев, в межкروновых пространствах и безлесных территориях. Отбор проб дождевых вод осуществляли ежегодно с 2011 по 2018 гг. В полевых условиях с помощью пластиковой мерной посуды также измеряли объем дождевых вод, скопившихся в осадкоприемнике за месячный период.

Химико-аналитические исследования выполнены в Центре коллективного пользования ИППЭС КНЦ РАН. Для атмосферных выпадений рН определяли потенциометрически, катионы (Al, Fe, Ca, Mg, K, Mn, Zn, Ni, Cu, Na, Pb, Co, Cd, Cr) – методами атомно-абсорбционной спектрофотометрии, SO_4^{2-} , Cl⁻, NO_3^- – методом ионообменной хроматографии, NH_4^+ , PO_4^{3-} и P – колориметрически. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Statistica 10. Для сравнения состава атмосферных выпадений и почвенных вод на разных пробных площадях, а также для сопоставления состава подкروновых и межкروновых выпадений применяли статистический критерий Манна-Уитни (оценивали вероятность различий p), для оценки корреляционных связей – коэффициент корреляции Спирмена ρ . Для оценки качества подбора кривой регрессии (линии тренда) использовали коэффициент детерминации R^2 . Для оценки различий и вариабельности химического состава атмосферных выпадений, как между площадками, так и внутри каждой отдельной площадки проводилась оценка среднегодовых концентраций и стандартной ошибки с применением метода описательной статистики в Microsoft Excel 2007.

Результаты исследования

Концентрации соединений элементов в снегу. На фоновой территории в составе снеговых вод подкроновых (ПК), межкроновых (МК) и открытых безлесных пространств (ОТК) доминировал углерод, из катионов преобладали калий и натрий, среди анионов – сульфаты, хлориды и нитраты (табл. 5.3). Концентрации тяжелых металлов не превышали 0.005 мг/л. Обнаруживаются тесные положительные связи между содержанием основных катионов и анионов в снегу ПК, МК и ОТК пространств (r варьирует от 0.4 до 0.9). Концентрации углерода положительно связаны с концентрациями кальция, калия и натрия (r варьирует от 0.5 до 0.7). Это свидетельствует о сопряженной миграции соединений элементов, как в ПК, так и в МК и ОТК пространствах.

Соединения калия, аммония, марганца, фосфора, сульфатов, углерода и фосфатов в ПК пространствах достоверно ($p < 0.05$) выше, чем в МК и ОТК пространствах. Это свидетельствует о выщелачивании соединений элементов из древесного полога во время зимних оттепелей. В МК пространствах концентрации алюминия и хрома выше, чем в ОТК пространствах, других достоверных различий не обнаружено. Кислотность снеговых вод под кронами деревьев выше, чем в МК и ОТК пространствах.

На ППН Е-9 в снеговых водах среди концентраций всех элементов доминирует углерод, среди катионов – кальций и натрий, из анионов – сульфаты и нитраты (табл. 5.5). Содержание тяжелых металлов не превышают 0.008 мг/л. Как и в фоновых условиях, обнаруживаются тесные положительные связи между основными катионами и анионами минеральных кислот (r варьирует от 0.4 до 0.9) в ПК, МК и ОТК пространствах.

Соединения кальция, магния, калия, натрия, аммония, алюминия, марганца, меди, никеля, фосфора, сульфатов, хлоридов, углерода, фосфатов и свинца существенно и достоверно ($p < 0.05$) выше в снеговых водах ПК пространств, чем в МК и ОТК пространствах. Как и на фоновой территории, это объясняется смывом и выщелачиванием соединений элементов из растительных тканей. В МК пространствах концентрации калия и фосфора выше, чем в ОТК пространствах, других достоверных отличий не обнаружено. Показатель рН в МК и ОТК пространствах выше, чем под кронами деревьев.

На ППН Е-21.5, по сравнению с фоновой территорией, в снеговых водах ПК пространств концентрации никеля, меди, сульфатов, хлоридов и кобальта достоверно ($p < 0.05$) до 6 раз выше, а по сравнению с ППН Е-9 – содержание меди, никеля и кобальта выше до 3 раз. В МК пространствах на ППН Е-21.5 по сравнению с фоном концентрации никеля и сульфатов выше до 2 раз, а по сравнению с ППН Е-9 содержание меди и никеля достоверно выше до 3 раз. На безлесных территориях концентрации сульфатов и нитратов на ППН Е-21.5 до 1.5 раз выше, чем на фоновой территории.

Увеличение содержания соединений элементов, входящих в состав выбросов (тяжелые металлы, сульфаты и хлориды), по сравнению с фоновой территорией на ППН Е-9 и, особенно, Е-21.5 объясняется повышенным уровнем воздушного промышленного загрязнения, из-за приближения к медно-никелевому комбинату «Североникель».

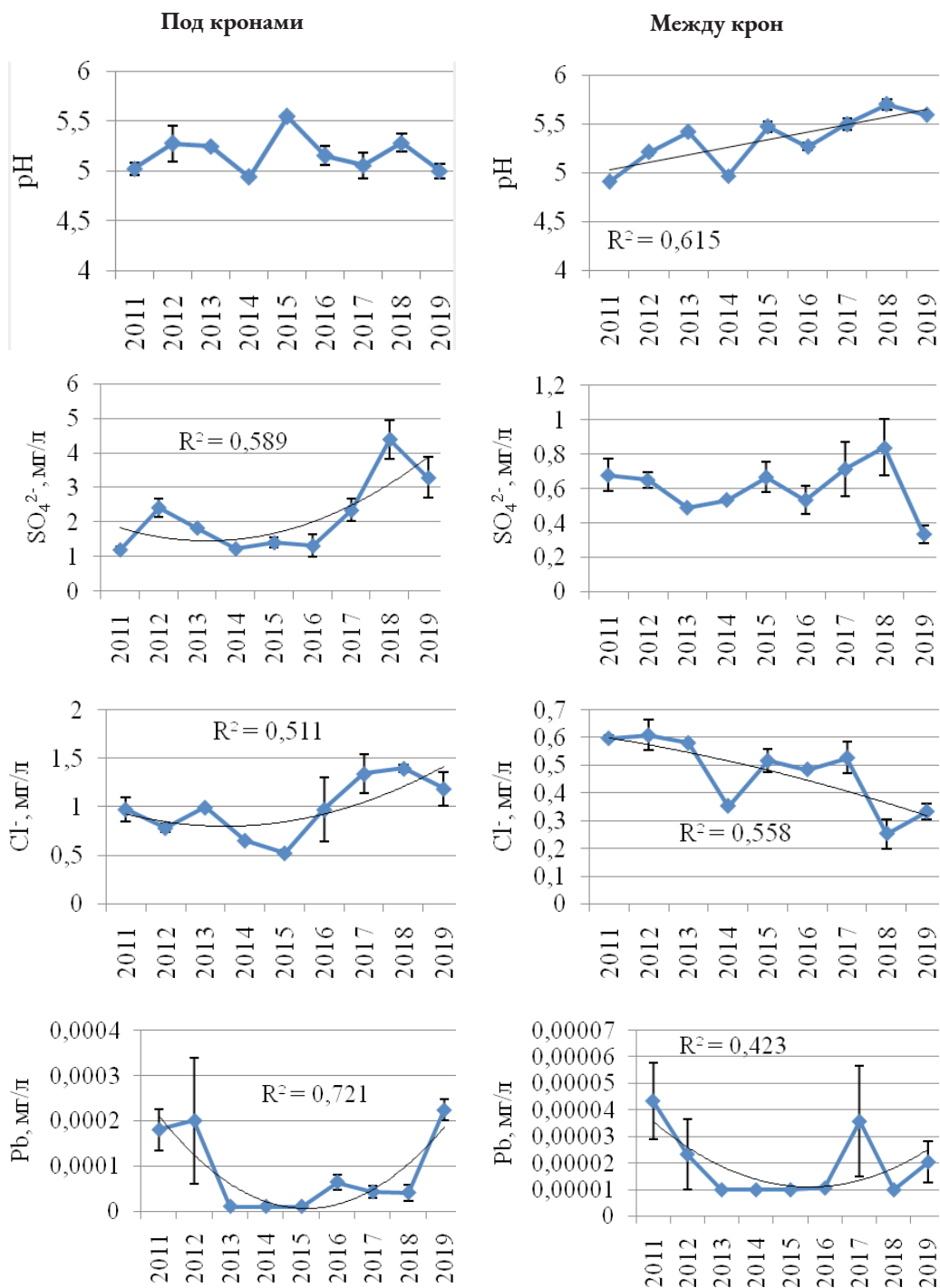


Рис. 5.9. Многолетняя динамика (2011-2019 гг.) pH и состава снеговых вод на площадке E-9, мг/л

Многолетняя динамика концентраций элементов в снегу. Анализ концентраций элементов в снегу был проведен за период с 2011 г. по 2019 гг. в ПК и МК пространствах и с 2013 по 2019 гг. в ОТК пространствах.

Многолетняя динамика содержания элементов в снеговых водах на фоновой территории демонстрирует значительную внутрибиогеоценотическую вариабельность. В ПК пространствах наблюдаются тенденции к снижению содержания алюминия, нитратов и кадмия (R^2 варьирует от 0.45 до 0.59). Помимо этого, в последние годы, наблюдается увеличение концентраций кальция, железа, углерода, кремния, свинца и хрома (R^2 варьирует от 0.41 до 0.72). В МК пространствах наблюдается снижение содержания марганца и алюминия и увеличение концентраций кальция, железа, углерода и кремния, а также показателя рН в последние годы (R^2 варьирует от 0.4 до 0.79). В ОТК пространствах наблюдается тренды к увеличению содержания магния, калия, фосфора, хлоридов и углерода в последние годы и снижение концентраций аммония (R^2 варьирует от 0.42 до 0.84).

Как и на фоновой территории, на ППН Е-9 многолетняя динамика концентраций элементов в снегу характеризуется значительной внутрибиогеоценотической вариабельностью. В ПК пространствах можно увидеть тренд к увеличению содержания кальция, калия, натрия, углерода, свинца, хлоридов и сульфатов (рис. 5.9) в последние годы (R^2 варьирует от 0.37 до 0.72). Также наблюдается снижение концентраций нитратов и кадмия ($R^2 = 0.45$ и 0.42 соответственно). В МК пространствах обнаружены значимые тренды к снижению содержания калия, хлоридов и кадмия, а также увеличение концентраций кальция, свинца и показателя рН в последние годы (R^2 варьирует от 0.4 до 0.61). В ОТК пространствах наблюдается тренд к снижению содержания цинка, хлоридов и свинца и увеличение кальция, калия и углерода (R^2 варьирует от 0.44 до 0.84)

На ППН Е-21.5 многолетняя динамика концентраций элементов в снегу показывает значительную вариабельность. В ПК пространствах можно увидеть тренд к увеличению содержания кальция, магния, железа, свинца и кобальта (рис. 5.10) в последние годы (R^2 варьирует от 0.37 до 0.79). В МК пространствах обнаружены тренды к увеличению показателя рН и концентраций кальция ($R^2 = 0.38$ и 0.40 соответственно). В ОТК пространствах наблюдается тренд к увеличению показателя рН и содержания магния и нитратов (R^2 варьирует от 0.41 до 0.85), а также снижение цинка и кадмия ($R^2 = 0.65$ и 0.37 соответственно).

Увеличение концентраций тяжелых металлов и, особенно, анионов минеральных кислот (сульфатов и хлоридов) в снеговых водах еловых лесов на ППН Е-9 и Е-21.5 свидетельствует о негативном влиянии воздушного промышленного загрязнения, что наиболее ярко выражено в ПК пространствах.

Концентрации соединений элементов в дождевых водах. На фоновой территории в ПК, МК и ОТК пространствах среди всех концентраций элементов в дождевых водах доминировал углерод, среди катионов – калий и кальций, из анионов – сульфаты (табл. 5.4). Наблюдаются тесные положительные связи между анионами минеральных кислот с одной стороны и основными катионами

Таблица 5.3. Концентрация соединений элементов в снеговых водах в районе КАЭС за период 2011–2019 гг., мг/л

Фон (n = 14-23)												
Позиция	V, мл	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	Fe	Mn	Zn	Ni
ПК	1142	5.31	0.44	0.11	0.46	0.36	0.20	0.038	0.006	0.016	0.003	0.005
	126	0.07	0.04	0.01	0.07	0.02	0.03	0.011	0.001	0.001	0.001	0.002
МК	2519	5.55	0.30	0.06	0.06	0.45	0.11	0.072	0.011	0.003	0.002	0.003
	299	0.07	0.02	0.01	0.01	0.21	0.03	0.018	0.006	0.001	0.001	0.001
ОГК	2432	5.75	0.33	0.07	0.08	0.39	0.07	0.032	0.008	0.009	0.001	0.005
	363	0.10	0.05	0.01	0.01	0.13	0.01	0.013	0.003	0.006	0.000	0.001
	Cu	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CL ⁻	C	Si	PO ₄ ³⁻	Co	Cd	Pb	Cr
ПК	0.002	0.045	1.01	0.68	0.54	4.19	0.026	0.029	0.00007	0.00002	0.00006	0.00012
	0.000	0.009	0.07	0.10	0.04	0.55	0.006	0.006	0.00002	0.00001	0.00002	0.00002
МК	0.003	0.007	0.41	0.70	0.61	1.91	0.015	0.005	0.00006	0.00001	0.00002	0.00012
	0.001	0.001	0.03	0.06	0.29	0.37	0.004	0.000	0.00002	0.00000	0.00001	0.00004
ОГК	0.002	0.007	0.52	0.52	0.56	1.75	0.006	0.005	0.00006	0.00001	0.00002	0.00003
	0.001	0.001	0.07	0.07	0.21	0.43	0.002	0.0004	0.00002	0.000003	0.000005	0.00001
Е-9 (n = 17-23)												
Позиция	V, мл	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	Fe	Mn	Zn	Ni
ПК	894	5.18	0.76	0.21	0.76	0.62	0.32	0.067	0.014	0.033	0.005	0.008
	96	0.05	0.08	0.03	0.11	0.05	0.08	0.010	0.003	0.004	0.001	0.002
МК	1771	5.36	0.43	0.07	0.12	0.33	0.09	0.035	0.007	0.007	0.002	0.003
	214	0.06	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.008	0.001	0.002	0.000	0.001
ОГК	1447	5.58	0.41	0.07	0.05	0.30	0.14	0.039	0.009	0.009	0.001	0.004
	225	0.08	0.04	0.01	0.004	0.01	0.03	0.012	0.002	0.003	0.0004	0.001

Е-9 (n = 17-23)

Позиция	Cu	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CL ⁻	C	Si	PO ₄ ³⁻	Co	Cd	Pb	Cr
ПК	<u>0.004</u>	<u>0.134</u>	<u>2.27</u>	<u>0.79</u>	<u>1.01</u>	<u>4.64</u>	<u>0.108</u>	<u>0.077</u>	<u>0.00011</u>	<u>0.00003</u>	<u>0.00010</u>	<u>0.00012</u>
	0.001	0.084	0.25	0.16	0.08	0.54	0.044	0.054	0.00003	0.00001	0.00002	0.00003
МК	<u>0.001</u>	<u>0.010</u>	<u>0.62</u>	<u>0.87</u>	<u>0.47</u>	<u>2.38</u>	<u>0.013</u>	<u>0.005</u>	<u>0.00007</u>	<u>0.00001</u>	<u>0.00002</u>	<u>0.00011</u>
	0.000	0.001	0.04	0.07	0.03	0.29	0.003	0.000	0.00002	0.00000	0.00000	0.00003
ОГК	<u>0.002</u>	<u>0.007</u>	<u>0.58</u>	<u>0.80</u>	<u>0.39</u>	<u>1.90</u>	<u>0.011</u>	<u>0.005</u>	<u>0.00008</u>	<u>0.00001</u>	<u>0.00002</u>	<u>0.00007</u>
	0.001	0.001	0.03	0.06	0.02	0.36	0.003	0.00004	0.00002	0.00000	0.00001	0.00003

Е-21.5 (n = 17-23)

Позиция	V,мл	pH	Ca	Mg	K	Na	NH4+	Al	Fe	Mn	Zn	Ni
ПК	<u>1275</u>	<u>4.88</u>	<u>0.75</u>	<u>0.18</u>	<u>0.32</u>	<u>0.71</u>	<u>0.12</u>	<u>0.049</u>	<u>0.009</u>	<u>0.018</u>	<u>0.003</u>	<u>0.02</u>
	141	0.07	0.07	0.01	0.05	0.08	0.02	0.011	0.002	0.003	0.000	0.003
МК	<u>2366</u>	<u>5.25</u>	<u>0.35</u>	<u>0.08</u>	<u>0.07</u>	<u>0.31</u>	<u>0.06</u>	<u>0.038</u>	<u>0.007</u>	<u>0.003</u>	<u>0.002</u>	<u>0.01</u>
	264	0.08	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01	0.012	0.002	0.001	0.000	0.002
ОГК	<u>1938</u>	<u>5.41</u>	<u>0.35</u>	<u>0.08</u>	<u>0.05</u>	<u>0.34</u>	<u>0.09</u>	<u>0.046</u>	<u>0.010</u>	<u>0.008</u>	<u>0.001</u>	<u>0.01</u>
	275	0.07	0.04	0.01	0.005	0.02	0.03	0.016	0.003	0.002	0.000	0.003
	Cu	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CL ⁻	C	Si	PO ₄ ³⁻	Co	Cd	Pb	Cr
ПК	<u>0.01</u>	<u>0.034</u>	<u>2.23</u>	<u>0.79</u>	<u>1.14</u>	<u>2.93</u>	<u>0.022</u>	<u>0.017</u>	<u>0.00039</u>	<u>0.00002</u>	<u>0.00005</u>	<u>0.00011</u>
	0.002	0.009	0.24	0.10	0.11	0.29	0.004	0.006	0.00008	0.00001	0.00001	0.00002
МК	<u>0.003</u>	<u>0.010</u>	<u>0.59</u>	<u>0.81</u>	<u>0.41</u>	<u>1.55</u>	<u>0.021</u>	<u>0.005</u>	<u>0.00008</u>	<u>0.00002</u>	<u>0.00002</u>	<u>0.00009</u>
	0.001	0.002	0.04	0.06	0.03	0.26	0.006	0.000	0.00002	0.00001	0.00001	0.00002
ОГК	<u>0.002</u>	<u>0.007</u>	<u>0.72</u>	<u>0.77</u>	<u>0.45</u>	<u>1.58</u>	<u>0.017</u>	<u>0.005</u>	<u>0.00009</u>	<u>0.00002</u>	<u>0.00002</u>	<u>0.00007</u>
	0.001	0.001	0.08	0.07	0.05	0.28	0.004	0.000	0.00004	0.00001	0.00000	0.00002

Примечание: ПК – подкормочные пространства, МК – межкормовые пространства, ОГК – открытая территория.

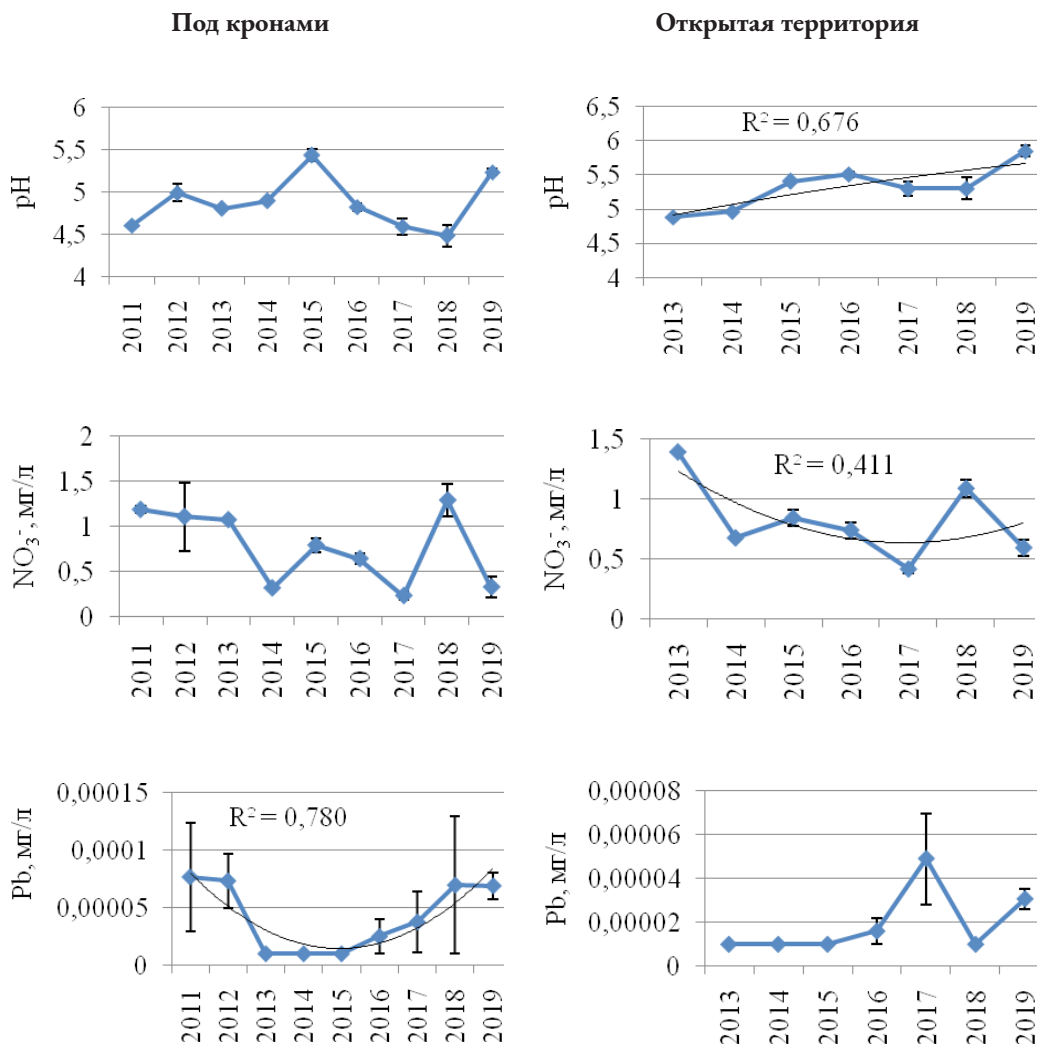


Рис. 5.10. Многолетняя динамика (2011-2019 гг.) рН и состава снеговых вод на площадке Е-21.5, мг/л.

(R^2 варьирует от 0.4 до 0.91), что свидетельствует о сопряженной миграции элементов, как в ПК, так и в МК и ОТК пространствах.

Соединения всех элементов в дождевых водах под кронами деревьев существенно и достоверно ($p < 0.05$) выше, чем в водах МК и ОТК пространств. Так же, как и в снеговых выпадениях, высокие концентрации и выпадения элементов с дождем в ПК пространствах еловых лесов по сравнению с МК и ОТК пространствами объясняются их смывом и выщелачиванием из крон деревьев. Кислотность дождевых вод под кронами деревьев выше, чем в МК и ОТК пространствах.

На ППН Е-9 в дождевых водах среди концентраций всех элементов наибольшие значения имеют углерод, среди катионов – кальций и калий, из анионов –

сульфаты и хлориды (табл. 5.4). Обнаруживаются тесные положительные связи между основными катионами и анионами минеральных кислот (r варьирует от 0.4 до 0.9) в ПК, МК и ОТК пространствах. Наблюдаются положительные связи между кислотностью и концентрациями фосфатов ($r = 0.53$) в ПК и МК пространствах. Как и на фоновой территории, концентрации всех элементов в дождевых водах под кронами деревьев достоверно выше, а показатель рН ниже, чем в МК и ОТК пространствах.

По сравнению с фоновой территорией, на площадке Е-9 в ПК пространствах наблюдается существенное и достоверное увеличение концентраций меди, никеля, кобальта, свинца и сульфатов до 11 раз. В МК и ОТК пространствах достоверное увеличение содержания загрязняющих веществ наблюдается только для концентраций сульфатов – до 1.5 раз. Показатель рН под кронами деревьев ниже, чем на фоновой территории, в МК и ОТК пространствах достоверных различий не обнаружено.

В дождевых водах на ППН Е-21.5 среди всех элементов доминирует углерод, из катионов – кальций и калий, из анионов – сульфаты (табл. 5.4), как в ПК, так и в МК и ОТК пространствах. Наблюдаются положительные связи между анионами минеральных кислот и основными катионами, что наиболее ярко выражено в ПК пространстве.

Концентрации всех элементов существенно и достоверно ($p < 0.05$) выше в дождевых водах ПК пространств, чем в МК и ОТК пространствах, что связано с выщелачиванием соединений элементов из растительных тканей. Различия между концентрациями элементов в МК и ОТК пространствах не значимы. Показатель рН в МК и ОТК пространствах достоверно выше, чем под кронами деревьев.

По сравнению с фоновой территорией на ППН Е-21.5 под кронами и между крон деревьев наблюдается существенное и достоверное увеличение концентраций меди и никеля – до 41 раза, а сульфатов до 3 раз, что наиболее ярко выражено в ПК пространстве. В ОТК пространстве по сравнению с фоном наблюдается увеличение концентраций сульфатов до 2 раз.

По сравнению с площадкой Е-9 в дождевых водах под кронами наблюдается увеличение содержания меди, никеля и кобальта до 3 раз, в МК и ОТК пространствах увеличение сульфатов – до 2 раз.

Как и в снеговых выпадениях, увеличение концентраций основных поллютантов в дождевых водах, по сравнению с фоновой территорией на ППН Е-9 и, особенно, Е-21.5 свидетельствует о повышенном уровне воздушного промышленного загрязнения, из-за приближения к медно-никелевому комбинату «Североникель».

Многолетняя динамика концентраций элементов в дожде. Анализ содержания элементов в дожде был проведен за период с 2011 по 2018 гг. в ПК и МК пространствах и с 2013 по 2018 гг. в ОТК пространствах. На фоновой территории в дождевых водах ПК пространств многолетняя динамика отличается высокой вариабельностью и демонстрирует снижение концентраций никеля, меди, свинца и кобальта в последние годы, а также увеличение показателя рН и концентрации кремния (R^2 варьирует от 0.37 до 0.55). В МК пространствах наблюдается увели-

Таблица 5.4. Концентрация соединений элементов в дождевых водах в еловых лесах за период 2011-2018 гг., мг/л

Фон (n = 29 - 38)												
Позиция	V, мл	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	Fe	Mn	Zn	Ni
ПК	428	4.24	4.67	1.59	12.91	3.03	8.34	0.289	0.127	0.967	0.049	0.008
	63	0.06	0.33	0.17	1.00	0.26	0.99	0.022	0.011	0.155	0.008	0.001
МК	687	5.52	0.57	0.12	0.54	0.40	0.38	0.058	0.016	0.011	0.002	0.005
	82	0.09	0.07	0.02	0.10	0.04	0.16	0.011	0.003	0.003	0.000	0.001
ОТК	866	5.69	0.96	0.13	0.15	0.32	0.22	0.081	0.018	0.006	0.002	0.005
	110	0.15	0.20	0.02	0.02	0.03	0.05	0.015	0.006	0.001	0.001	0.001
	Cu	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CL ⁻	C	Si	PO ₄ ³⁻	Co	Cd	Pb	Cr
ПК	0.014	1.179	12.42	1.63	6.13	105.10	0.49	0.93	0.00064	0.00039	0.00095	0.00086
	0.002	0.154	1.59	0.24	0.72	11.15	0.10	0.12	0.00010	0.00029	0.00018	0.00006
МК	0.004	0.144	1.25	0.22	0.50	4.91	0.09	0.12	0.00020	0.00003	0.00008	0.00016
	0.001	0.053	0.15	0.03	0.06	0.39	0.03	0.05	0.00003	0.00001	0.00004	0.00002
ОТК	0.008	0.022	1.71	0.46	0.46	4.19	0.03	0.01	0.00011	0.00002	0.00004	0.00039
	0.002	0.006	0.46	0.07	0.04	0.54	0.01	0.005	0.00003	0.000007	0.000012	0.00013
Е-9 (n = 29 - 38)												
Позиция	V, мл	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	Fe	Mn	Zn	Ni
ПК	260	4.01	8.42	2.37	12.81	5.22	8.46	0.502	0.154	0.788	0.080	0.021
	35	0.18	0.84	0.24	0.91	0.64	0.64	0.067	0.018	0.101	0.011	0.013
МК	678	5.60	0.75	0.15	0.44	0.48	0.62	0.068	0.017	0.011	0.002	0.005
	70	0.12	0.09	0.02	0.05	0.08	0.30	0.014	0.004	0.002	0.000	0.001
ОТК	659	5.39	1.45	0.18	0.21	0.42	0.23	0.076	0.020	0.006	0.005	0.002
	79	0.17	0.32	0.02	0.029	0.05	0.05	0.012	0.005	0.001	0.0020	0.001

Е-9 (n= 29 - 38)

Позиция	Cu	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CL ⁻	C	Si	PO ₄ ³⁻	Co	Cd	Pb	Cr
ПК	<u>0.073</u>	<u>1.094</u>	<u>39.79</u>	<u>1.62</u>	<u>9.68</u>	<u>72.20</u>	<u>0.34</u>	<u>0.87</u>	<u>0.00205</u>	<u>0.00033</u>	<u>0.00162</u>	<u>0.00095</u>
	0.009	0.104	4.81	0.21	1.37	5.00	0.05	0.08	0.00035	0.00012	0.00041	0.00009
МК	<u>0.004</u>	<u>0.120</u>	<u>1.94</u>	<u>0.45</u>	<u>0.60</u>	<u>4.99</u>	<u>0.03</u>	<u>0.09</u>	<u>0.00020</u>	<u>0.00003</u>	<u>0.00009</u>	<u>0.00025</u>
	0.001	0.050	0.19	0.10	0.08	0.36	0.01	0.04	0.00003	0.00001	0.00004	0.00005
ОГК	<u>0.006</u>	<u>0.011</u>	<u>2.80</u>	<u>0.51</u>	<u>0.71</u>	<u>5.06</u>	<u>0.03</u>	<u>0.01</u>	<u>0.00022</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00006</u>	<u>0.00057</u>
	0.001	0.001	0.41	0.07	0.11	0.98	0.01	0.0005	0.00004	0.00001	0.00002	0.00025

Е-21.5 (n= 29 - 38)

Позиция	V,мл	pH	Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Al	Fe	Mn	Zn	Ni
ПК	<u>332</u>	<u>3.73</u>	<u>7.21</u>	<u>1.74</u>	<u>7.57</u>	<u>4.77</u>	<u>5.51</u>	<u>0.382</u>	<u>0.122</u>	<u>0.441</u>	<u>0.062</u>	<u>0.32</u>
	47	0.05	0.87	0.24	0.80	0.83	0.90	0.056	0.014	0.067	0.010	0.056
МК	<u>624</u>	<u>5.05</u>	<u>1.13</u>	<u>0.19</u>	<u>0.38</u>	<u>0.56</u>	<u>0.37</u>	<u>0.060</u>	<u>0.015</u>	<u>0.010</u>	<u>0.005</u>	<u>0.01</u>
	74	0.12	0.16	0.02	0.05	0.10	0.10	0.013	0.003	0.001	0.001	0.003
ОГК	<u>651</u>	<u>5.29</u>	<u>1.70</u>	<u>0.21</u>	<u>0.24</u>	<u>0.48</u>	<u>0.37</u>	<u>0.089</u>	<u>0.019</u>	<u>0.006</u>	<u>0.005</u>	<u>0.01</u>
	97	0.15	0.36	0.03	0.047	0.07	0.08	0.018	0.006	0.001	0.001	0.002
ПК	<u>0.19</u>	<u>0.631</u>	<u>35.19</u>	<u>1.34</u>	<u>7.77</u>	<u>59.60</u>	<u>0.24</u>	<u>0.49</u>	<u>0.00697</u>	<u>0.00044</u>	<u>0.00178</u>	<u>0.00141</u>
	0.037	0.079	4.52	0.22	1.28	12.50	0.04	0.05	0.00134	0.00021	0.00056	0.00047
МК	<u>0.007</u>	<u>0.059</u>	<u>3.30</u>	<u>0.50</u>	<u>0.81</u>	<u>5.13</u>	<u>0.05</u>	<u>0.04</u>	<u>0.00025</u>	<u>0.00008</u>	<u>0.00005</u>	<u>0.00017</u>
	0.001	0.013	0.36	0.08	0.18	0.62	0.01	0.01	0.00003	0.00005	0.00001	0.00002
ОГК	<u>0.009</u>	<u>0.034</u>	<u>4.14</u>	<u>0.64</u>	<u>0.80</u>	<u>4.93</u>	<u>0.03</u>	<u>0.02</u>	<u>0.00091</u>	<u>0.00005</u>	<u>0.00004</u>	<u>0.00081</u>
	0.002	0.012	0.50	0.09	0.15	0.81	0.01	0.01	0.00071	0.00001	0.00001	0.00053

Примечание: ПК – подкормочные пространства, МК – межкормовые пространства, ОГК – открытая территория.

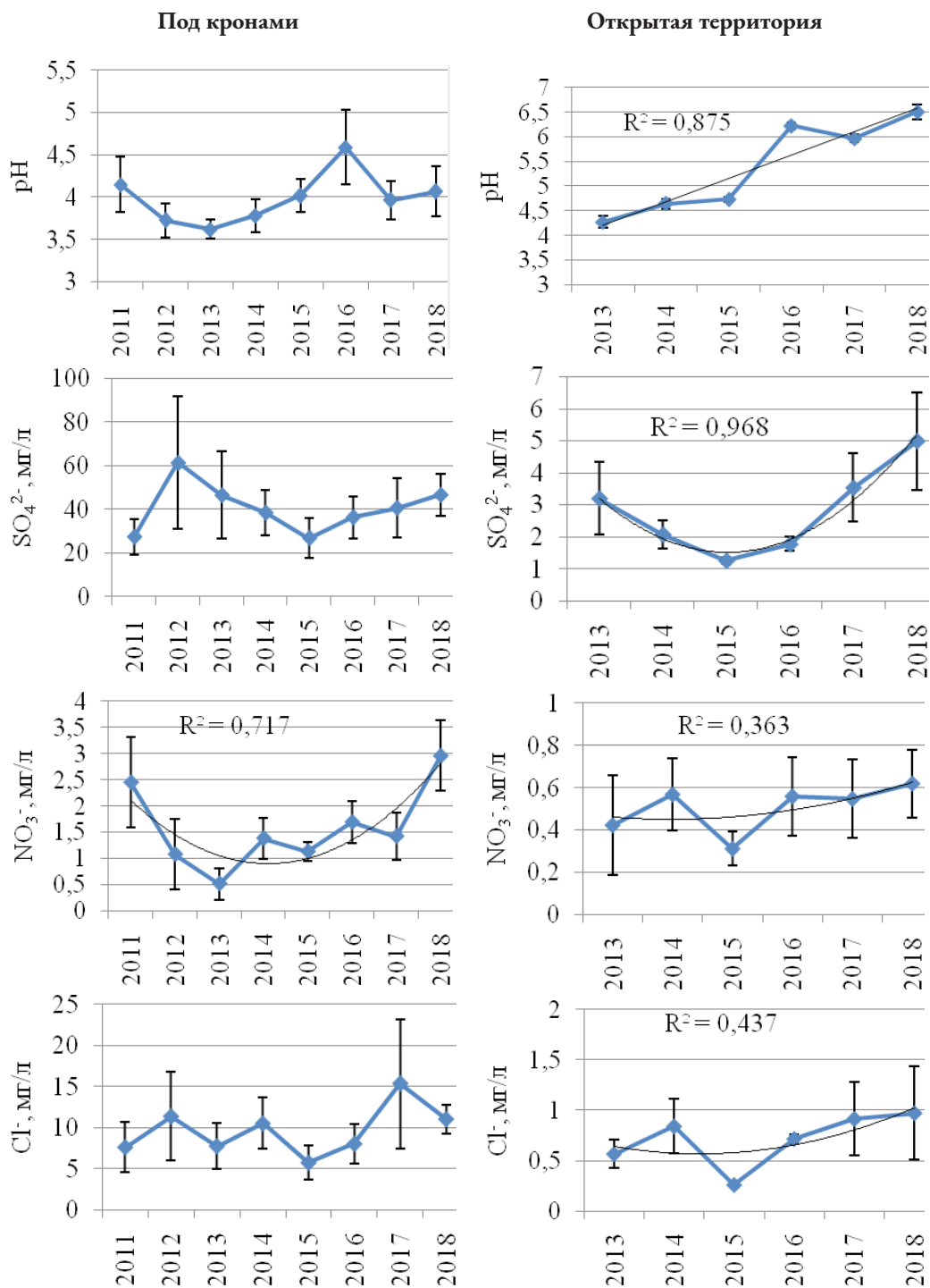


Рис. 5.11. Многолетняя динамика (2011-2019 гг.) рН и состава дождевых вод на площадке Е-9, мг/л

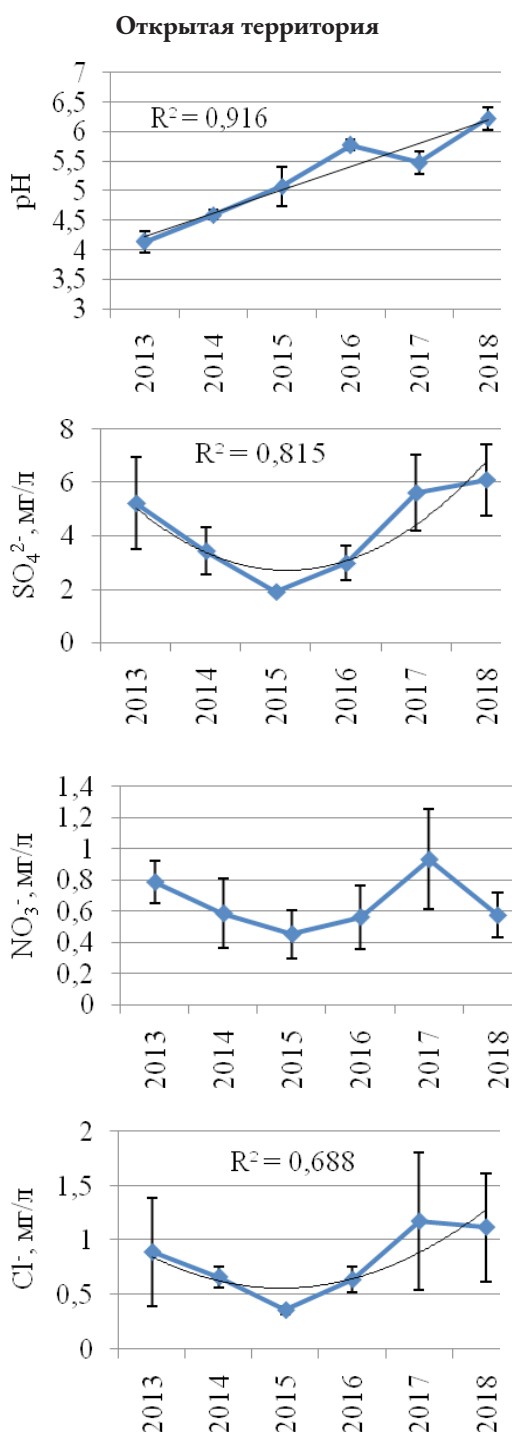
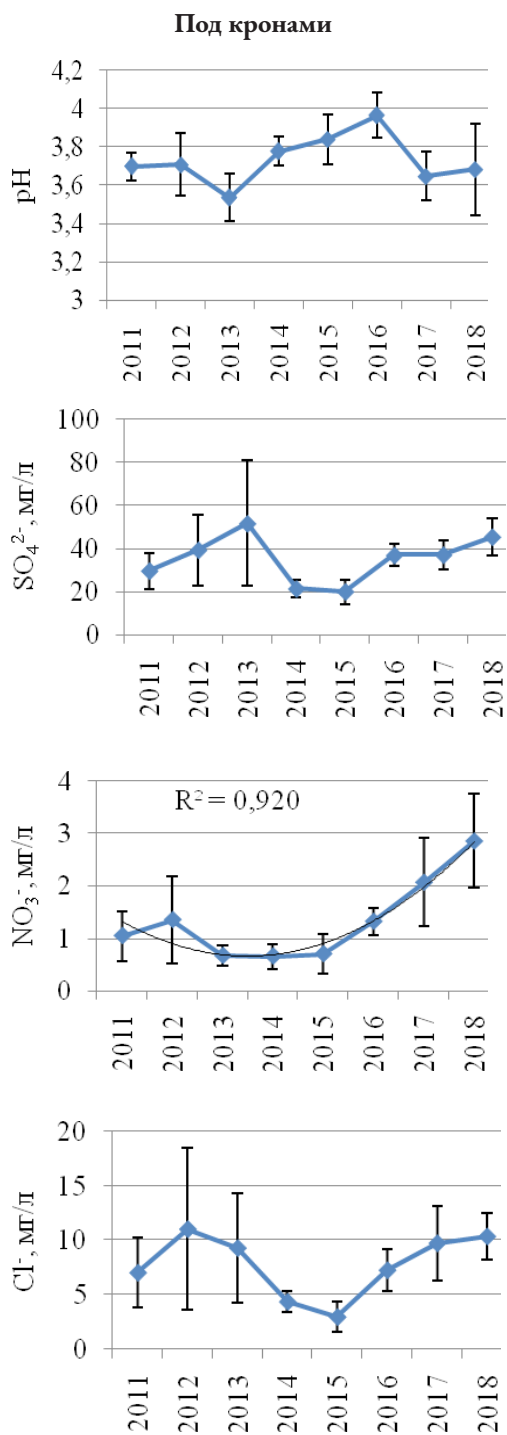


Рис. 5.12. Многолетняя динамика (2011-2019 гг.) pH и состава дождевых вод на площадке Е-21.5, мг/л

чение показателя рН и концентраций кальция, магния, хрома и никеля, а также снижение содержания калия, натрия, железа и кобальта (R^2 варьирует от 0.35 до 0.8). На ОТК пространствах многолетняя динамика показывает увеличение показателя рН и концентраций кальция, магния, цинка, углерода, кремния, кобальта, хрома и сульфатов, а также снижение фосфора, железа, никеля и меди (R^2 варьирует от 0.4 до 0.97).

В дождевых водах на ППН Е-9 многолетняя динамика демонстрирует значительную вариабельность, под кронами деревьев наблюдаются тренды к увеличению концентраций калия, фосфора, фосфатов и нитратов (рис. 5.11), а также снижение свинца (R^2 варьирует от 0.41 до 0.88). В МК пространствах обнаружены тренды к увеличению показателя рН и концентраций кальция, магния, калия, цинка, кремния, углерода и хлоридов, а также снижения натрия и алюминия (R^2 варьирует от 0.37 до 0.84). В ОТК пространствах наблюдается увеличение показателя рН и концентраций кальция, магния, калия, цинка, углерода, сульфатов, нитратов, хлоридов (рис. 5.11), свинца и кобальта, а также снижение фосфора, железа и алюминия (R^2 варьирует от 0.37 до 0.96).

На площадке Е-21.5 в многолетней динамике в дождевых водах ПК пространств наблюдается тренд к увеличению концентраций калия, аммония, железа, кремния, фосфора, фосфатов, кобальта, свинца и нитратов (R^2 варьирует от 0.4 до 0.92) (рис. 5.12). В МК пространствах многолетняя динамика демонстрирует увеличение показателя рН и содержание кальция, магния и углерода, а также снижение алюминия, железа, марганца и кремния (R^2 варьирует от 0.38 до 0.66). В ОТК пространствах наблюдается тренд к снижению концентраций аммония, железа, фосфора, фосфатов и свинца, а также увеличение кальция, магния, цинка, углерода, сульфатов, нитратов, хлоридов и показателя рН (R^2 варьирует от 0.51 до 0.91) (рис. 5.12).

В еловых лесах на всех исследованных территориях в атмосферных выпадениях концентрации большинства элементов под кронами еловых деревьев выше по сравнению с межкроновыми и открытыми пространствами, что обусловлено их смывом и выщелачиванием из крон деревьев.

На площадках, расположенных в 30-км зоне вокруг КАЭС, по сравнению с фоновой территорией, в снеговых и дождевых водах наблюдается резкое и достоверное увеличение концентраций тяжелых металлов и анионов минеральных кислот, что наиболее ярко выражено в подкроновых пространствах. Это объясняется повышенным уровнем воздушного промышленного загрязнения из-за приближения к медно-никелевому комбинату «Североникель». Кроме того, в условиях загрязнения происходит увеличение кислотности атмосферных выпадений, особенно под кронами деревьев.

Многолетняя динамика концентраций элементов в снеговых и дождевых водах еловых лесов отличается высокой вариабельностью, как под кронами, так и в открытых и межкроновых пространствах. Обнаруженные в многолетней динамике тренды увеличения концентраций тяжелых металлов и анионов минеральных кислот свидетельствуют о продолжающемся негативном влиянии воздушного промышленного загрязнения на лесные биогеоценозы.

Глава 6

Экологическая оценка почв и почвенной биоты

Почва – открытая подсистема в геохимическом ландшафте, потоки вещества и энергии в которой связаны с приземной атмосферой, растительностью, с поверхностными и грунтовыми водами. Почвы регулируют процессы миграции веществ в ландшафтах, проявляя буферность в отношении загрязняющих веществ; кислые почвы могут нейтрализовать щелочные соединения, карбонатные – кислые выпадения [Глазовская, 1981].

Лесные почвы благодаря своим физическим и химическим свойствам выступают как наиболее эффективные кратковременные и долговременные поглотители различных загрязнителей. Почва является геохимическим барьером по пути миграции поллютантов и предохраняет сопредельные среды от загрязнения, но возможности почвы как буферной системы не безграничны. Аккумуляция поллютантов и продуктов их превращения в почве может сопровождаться её деградацией и токсическим воздействием на фито-, зоо- и микробиоценозы, грунтовые и поверхностные воды, приземные слои атмосферы [Копчик, 2004].

6.1. Условия почвообразования и почвенный покров

Почвенный покров территории формируется под воздействием природных факторов, важнейшими из которых является рельеф и увлажнение почвенно-грунтовой толщи, определяющие характер растительного покрова и тип почвообразования. Окрестности КАЭС представляют собой сочетание водных и прибрежных пространств озера Имандра. Сухопутная часть территории – всхолмленная равнина с амплитудой абсолютных отметок от 137 м (урез озера Имандра) до отдельных высот в 300-400 м над ур. моря (гора Лысая близ города Полярные Зори, возвышенности на острове Ермострове и на северном побережье Экостровской Имандры). За исключением указанных высот, рельеф большей части территории характеризуется сочетанием плоских возвышенностей высотой до 200-250 м и широких понижений, обычно заболоченных [Маслобоев и др., 2010].

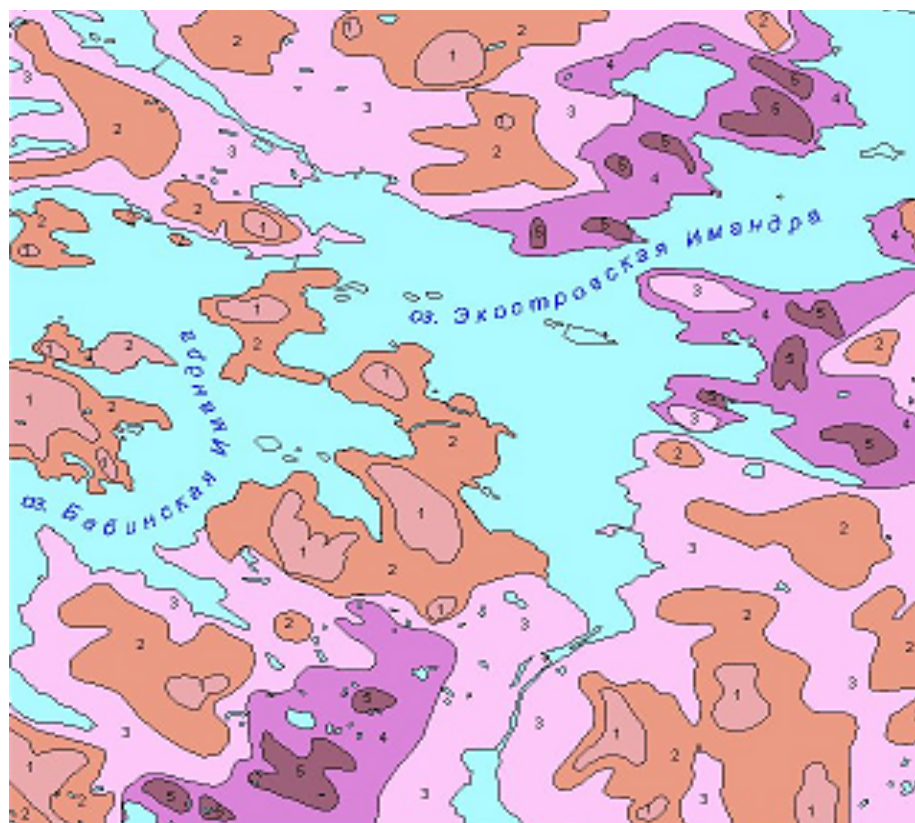
Территория, выбранная в качестве фоновой, в юго-западной части Мурманской области с центром в пос. Алакуртти также является всхолмленной равниной, пересекаемой с северо-запада на юго-восток долиной реки Гунтсайоки с притоками. Абсолютные отметки на большей части территории колеблются от 150 до 250 м, но встречаются отдельно стоящие возвышенности до 300-500 м. Заболоченность этой территории значительно меньшая, чем в окрестностях города Полярные зори. Причиной этого является лучшая дренированность хорошо развитой речной сетью.

Пересеченный рельеф, характерный для описываемых территорий, является причиной формирования сложной структуры почвенного покрова и его комплексности в связи со значительными перепадами условий увлажнения на ограниченных площадях.

Почвообразование на описываемых территориях протекало на четвертичных породах, среди которых преобладают моренные отложения, представленные валунными песками и супесями. На побережьях оз. Имандра имеют ограниченное распространение озерно-ледниковые отсортированные пески, лишённые валунов и крупнозема. В районе пос. Алакуртти, наряду с мореной, распространены флювиогляциальные породы – хорошо отсортированные грубозернистые безвалунные пески. В долине реки Нивы надпойменные террасы сложены морскими суглинками.

Почвы в районе исследования представлены преимущественно иллювиально-железистыми подзолами, развитыми на ледниковых моренных песчаных отложениях [Переверзев, 2011]. Профиль этих почв представлен следующими горизонтами: O–E–Bhf–BC–C. Характерные морфологические признаки включают обязательное наличие на поверхности грубогумусного органогенного горизонта (лесной подстилки O), маломощность и однотипность строения минерального профиля (элювиального подзолистого горизонта E) и охристая, красновато-бурая или темно-коричневая окраска нижележащей части (иллювиального горизонта Bhf) за счёт иллювиированного органического вещества, постепенный переход в почвообразующую породу C [Кощик и др., 2015]. В классификации [Классификация..., 1997] подзолы, имеющие профиль O–E–Bhf–C, выделяются на уровне типа и входят в отдел альфегумусовых почв ствола постлитогенных почв [Переверзев, 2007]. Гранулометрический состав Al-Fe-гумусовых почв на моренных породах характеризуется значительным содержанием валунного материала и крупнозема (частиц >1 мм). Различия в соотношении гранулометрических фракций в разных генетических горизонтах не подчиняются определённым закономерностям и отражают природную неоднородность почвообразующих пород по глубинам. По валовому химическому составу иллювиально-железистые подзолы на моренных отложениях соответствуют типовой принадлежности: профильная дифференциация содержания основных химических элементов (Si, Al, Fe) отчётливо выражена [Переверзев, 2004]. В лесных почвах достаточно высоким содержанием питательных веществ характеризуется органогенный горизонт, в котором сосредоточена основная масса корневых систем растений и активно протекают минерализационные процессы. Элементы питания, находящиеся в почве в форме катионов (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), удерживаются подстилкой в обменном состоянии и в некоторой степени предохраняются от вымывания [Ушакова, 1997]. Минеральные горизонты характеризуются низким содержанием элементами питания. Значительную роль в формировании почвенного профиля Al-Fe-гумусовых почв играет органическое вещество. Гумусовые кислоты, образующиеся в органогенном горизонте в результате разложения и гумификации опада растений, мигрируют вниз по профилю и вызывают выветривание почвенных минералов, в результате чего происходит перераспределение химических элементов и формирование химического профиля, характеризующими отмеченными выше особенностями [Переверзев, 2004].

Почвенный покров территории вокруг КАЭС представлен почвами автоморфного типа (иллювиально-железистые подзолы), занимающими выпуклые поверхности возвышенностей с атмосферным водным питанием, и гидроморфными торфяными почвами, характерными для плоских заболоченных пространств. Наряду с этим можно выделить участки с комплексным почвенным покровом – сочетанием почв разной степени увлажнения и относящихся к разным типам. Распределение почв и почвенных комплексов на территории 15×15 км в окрестностях КАЭС представлено на почвенной карте (рис. 6.1).



Легенда

1	Иллювиально-железистые подзолы
2	Иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые подзолы в сочетании с торфяно-подзолами
3	Торфяно-подзолы в сочетании с торфяными почвами
4	Торфяные почвы в сочетании с торфяными подзолами
5	Торфяные зутрофные и олиготрофные почвы

Рис. 6.1. Почвенная карта 15-км зоны в окрестностях КАЭС. Масштаб 1 : 200 000 [по: Маслобоев и др., 2010]



Рис. 6.2. Почвенный разрез на ППН Е-9



Рис. 6.3. Отбор проб минеральных горизонтов почвенным буром

Методы исследований. Оценка состава и кислотности почв были проведены в 2018-2019 гг. на площадках постоянного наблюдения (ППН) ИППЭС КНЦ РАН, в лесных сообществах. В фоновых условиях ППН расположены в юго-западной части Мурманской области западнее пос. Алакуртти в 128 км в ельнике кустарничково-зеленомошном с примесью березы (Е-фон) и в 137 км на запад-юго-запад от КАЭС, в сосняке зеленомошно-лишайниково-кустарничковом (С-фон). В 30-км зоне КАЭС ППН расположены в ельнике кустарничково-зеленомошном в 9 км от КАЭС – ППН Е-9, в сосняках кустарничково-лишайниковых в 11 км от КАЭС – ППН С-11 и в 21.5 км от КАЭС – ППН С-21.5. Характеристика ППН дана в Приложении 12.

Почвенные разрезы были заложены на площадках постоянного наблюдения, почвенные пробы отбирали по горизонтам в межкروновых пространствах – в кустарничково-зеленомошной (Е-фон, Е-9) и лишайниковой парцеллах (С-фон, С-11) в трехкратной повторности (рис. 6.2, 6.3).

Для отбора органогенного горизонта использовали рамку 25x25 см (рис. 6.4) Подстилку почв разбирали в лаборатории на 2 подгоризонта: L и FH. Образцы высушивали при комнатной температуре, а затем просеивали. Аналитической обработке подвергали мелкозем (фракция <math><1.0\text{ мм}</math>). Химический анализ выполнен согласно общепринятым методам [Аринушкина, 1970]. Кислотность почв определяли в вытяжках, используя соотношение почва: растворитель для органогенных горизонтов как 1:25. Полученные суспензии оставляли на ночь, затем встряхивали в течение 2 часов на ротаторе и фильтровали. Актуальную кислотность (рН) измеряли потенциометрически в водной вытяжке. Обменную кислотность определяли в вытяжке 1Н КС1 по методу А. В. Соколова, гидролитическую кислотность – в вытяжке 1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (рН=7) по методу Каппена. Для определения концентрации доступных соединений элементов образцы почв обрабатывали 1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (рН = 4.65). Для органогенных горизонтов использовали те же соотношения почвы и вытеснителя, что и при определении рН, для минеральных – 1:10. Содержание



Рис. 6.4. Отбор органогенного горизонта почвы

металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, S-турбидиметрическим методом согласно ГОСТ 26490-85.

Химико-аналитические исследования почвенных проб проведены в Центре коллективного пользования физико-химических методов анализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем промышленной экологии Севера Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр». Для оценки загрязнения почв использованы значения гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 19 января 2006 г.

ПДК (предельно допустимая концентрация) – максимальная концентрация химических веществ в почве, при которой она не может нанести вред здоровью человека. Это важнейший элемент экологического нормирования, позволяющий природоохранным органам осуществлять контроль за загрязнением среды. При обосновании ПДК принимаются во внимания критерии, которые отражают возможные пути воздействия загрязнения на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы её самоочищения.

Обоснование ПДК химических веществ в почве базируется на 4 основных показателях вредности, устанавливаемых экспериментально:

- *транслокационный* показатель вредности характеризует переход вещества из почвы в растение;
- *миграционный водный* показатель вредности характеризует способность перехода вещества из почвы в грунтовые воды и водоисточники;
- *миграционный воздушный* показатель вредности характеризует переход вещества из почвы в атмосферный воздух;
- *общесанитарный* показатель вредности характеризует влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность.

При этом каждый из путей воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания вещества по каждому показателю вредности. Наименьший из обоснованных уровней содержания является *лимитирующим* и принимается за ПДК.

Загрязнение почв – содержание в почвах химических соединений, радиоактивных элементов, патогенных организмов в количествах, оказывающих вредное воздействие на здоровье человека, окружающую природную среду, плодородие земель сельскохозяйственного назначения (согласно ФЗ № 101-ФЗ от 16.07.1998).

Почвы по степени загрязнения химическими веществами разделяются на следующие категории: допустимые, умеренно опасные, опасные и чрезвычайно опасные:

- *допустимая категория почв* – содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК;
- *умеренно опасная категория почв* – содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю вредности;
- *опасная категория почв* содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности;
- *чрезвычайно опасная категория почв* – содержание химических веществ превышает ПДК по всем показателям вредности.

При полиэлементном загрязнении оценка степени опасности загрязнения почвы допускается по наиболее токсичному элементу с максимальным содержанием в почве.

6.2. Устойчивость почв к аэротехногенному загрязнению

В настоящее время в целом отмечается возрастание угрозы загрязнения почвы тяжёлыми металлами (ТМ) [Лянгузова и др., 2016]. В отличие от органических поллютантов большинство ТМ не подвержено микробиологической или химической деградаци и способны накапливаться в почвах в течение длительного времени [Lasat, 2002]. Период полуудаления из поверхностного слоя почвы в результате вымывания, потребления растениями, эрозии и дефляции может достигать от 13 до 110 лет для Cd, от 70 до 510 лет для Zn, от 310 до 1500 лет для Cu, от 740 до 5900 лет для Pb [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

Кислотные осадки и загрязнение атмосферы соединениями ТМ могут приводить к значительным изменениям кислотности и питательного режима почв лесных биогеоценозов: повышению кислотности почв; возрастанию растворимости и мобильности тяжелых металлов и алюминия; снижению запасов элементов минерального питания (кальция, калия, магния, марганца и др.), которые могут замещаться в почвенном поглощающем комплексе ионами водорода, катионами тяжелых металлов и выноситься из корнеобитаемого пространства мобильными анионами (например, сульфатами) [Zoettl, Huettl, 1991]. Кислотность почв, подверженных таким выпадениям, зависит от запаса катионов в почвенно-поглощающем комплексе, скорости

Таблица 6.1. Содержание радионуклидов в почве в зоне наблюдения КАЭС, Бк/кг

Показатель/год	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Удельная активность радионуклида ^{137}Cs	2.5	5.1	3.5	3.8	2.5	2.2
Удельная активность радионуклида ^{90}Sr	17.9	18.1	36.6	-	6.6	4.3

Примечание: ежегодно отбиралось по 16-18 почвенных проб

выветривания почвенных минералов и количества и продолжительности действия выпадений. Возрастание почвенной кислотности влияет на поглощение растениями элементов, как изначально присутствующих в почве, так и привнесенных в результате техногенной деятельности [Лукина и др., 2008].

Согласно современным представлениям, основным источником минерального питания растений с корневой стратегией питания является органогенный горизонт. Условия минерального питания определяют функционирование и устойчивость отдельных растений и лесных сообществ в целом. Органогенный горизонт рассматривается как эффективный биогеохимический барьер для тяжелых металлов, поступающих в экосистемы в результате атмосферного загрязнения [Лукина и др., 2008; Копчик и др., 2016; Лянгузова и др., 2016]. Для оценки состояния и устойчивости лесных биогеоценозов в условиях аэротехногенного загрязнения большое значение приобретает изучение кислотности почв и содержание доступных соединений элементов в почве, особенно в условиях меняющихся факторов среды.

Содержание радионуклидов. Содержание радионуклидов в почве проанализировано согласно данным, представленным в ежегодных Докладах о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области [Доклад..., 2012–2019] (табл. 6.1).

Для почвы не установлены допустимые уровни содержания радионуклидов, поэтому ориентировочным уровнем являются фоновые значения. КАЭС разработан и согласован с МРУ № 118 ФМБА России документ, устанавливающий контрольные уровни радиационных факторов во всех контролируемых средах, в том числе в почве.

Основными контролируруемыми параметрами, характеризующими радиационную безопасность населения и радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды, являются плотность радиоактивного загрязнения почв и содержание радионуклидов в почве населённых пунктов и их ареалов.

Плотность радиоактивных веществ в почве в контрольной точке п. Африканда, расположенной на территории зоны наблюдения КАЭС, зафиксирована на уровне $0.59 \cdot 10^{10}$ (2011 г.) и $0.51 \cdot 10^{10}$ (2012 г.) Бк/км² и по данным многолетних исследований находится на фоновом уровне [Доклад..., 2013].

Среди радионуклидов для экосистем наибольшее значение имеют изотопы, обладающие высоким выходом в ядерных реакциях и имеющие сравнительно большие периоды полураспада. К таким наиболее экологически важным радионуклидам тех-

Таблица 6.2. Содержание подвижных форм ТМ в почве сосновых лесов в районе КАЭС и на фоновых территориях, мг кг⁻¹

Горизонт	Глубина, см	Mn	Fe	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Co
С-фон									
L	0-0.5	597.5	5.2	37.47	0.45	0.31	1.20	0.097	0.065
ГН	0.5-5	190.4	12.0	19.29	0.27	0.48	8.34	0.135	0.113
Е	5-11	1.9	21.8	0.22	0.03	0.08	0.64	0.003	0.016
В	11-30	10.1	192.8	0.91	0.25	0.21	0.41	0.008	0.276
С	>30	7.9	57.9	0.03	0.11	0.22	0.14	0.012	0.119
С-11									
L	0-0.8	378.0	3.1	22.32	2.85	8.67	1.20	0.091	0.186
ГН	0.8-9	73.1	13.3	15.31	4.39	12.80	8.43	0.150	0.572
Е	9-21	0.2	17.6	0.03	0.24	0.05	0.35	0.002	0.014
В	21-33	0.5	81.0	0.63	0.34	0.17	0.57	0.006	0.115
С	>40	0.9	12.8	0.03	0.16	0.09	0.14	0.001	0.025

ногенного происхождения относится ¹³⁷Cs (период полураспада более 30 лет), который является одним из основных дозообразующих элементов и обладает высокой биологической активностью [Черных, 2003].

Плотность загрязнения ¹³⁷Cs почв в 15-км зоне от КАЭС находится в диапазоне 470-800 Бк/км² [Кизеев, 2016], что ниже установленного контрольного уровня 1 Ки/ км (37000 Бк/км²) и позволяет отнести обследованные участки к территориям с относительно благоприятной экологической ситуацией [Критерии..., 1992].

Самая высокая удельная активность ⁹⁰Sr (36.6 Бк/кг) зафиксирована в почве в 2016 г. Минимальное значение удельной активности ⁹⁰Sr в это период составляло 17.9 Бк/кг. Удельная активность ¹³⁴Cs варьировала в диапазоне 0.8–3.2 Бк/кг, ⁶⁰Co – 1.2–2.1 Бк/кг, ⁵⁸Co – 0.9–1.8 Бк/кг. За период 2012–2019 гг. значительных изменений удельной активности значимых радионуклидов не наблюдалось. Колебания удельной активности радионуклидов в почве не превышают уровня средних многолетних величин природного радиационного фона.

Максимальные значения удельной активности ¹³⁷Cs обнаружены в лесной подстилке (30–103 Бк/кг), а затем вниз по профилю постепенно активность снижается и в горизонте С становится ниже предела обнаружения. На содержание ¹³⁷Cs оказывает влияние количество органического вещества в почве: чем больше его в почве, тем выше удельная активность ¹³⁷Cs [Кизеев и др., 2018], при этом удельная активность ¹³⁷Cs в 15-км зоне от КАЭС соответствует фоновым уровням, формирующимся в результате глобальных выпадений техногенных радионуклидов.

Содержание тяжёлых металлов. Характеристика распределения и содержания тяжелых металлов в почвах приведена на основе химического анализа проб почв на загрязнители (табл. 6.2 и 6.3).

Таблица 6.3. Содержание подвижных форм ТМ и серы в почве еловых лесов в районе КАЭС, мг кг⁻¹

Горизонт	Глубина, см	Mn	Fe	Zn	Cu	Ni	S
Е-фон							
L	0-0.6	3278.6	1.0	160.3	0.76	0.85	150.3
FN	0.6-4	473.8	27.2	41.1	0.57	1.21	52.0
E	4-12	10.2	108.7	0.3	0.15	0.06	5.7
B	12-29	25.8	706.7	7.2	0.29	0.44	40.5
BC	12-43	7.3	74.0	6.4	0.09	0.11	10.0
C	>43	3.1	83.4	0.5	0.26	0.23	29.8
Е-9							
L	0-0.8	1514.2	0.7	76.3	0.80	4.30	164.0
FN	0.8-9	251.0	13.4	24.1	0.82	5.41	130.5
E	9-21	0.2	19.7	0.1	0.16	0.17	6.5
B	21-33	2.5	802.7	0.2	0.51	0.27	85.5
BC	33-40	1.2	355.4	0.2	0.49	0.15	41.1
C	>40	4.0	150.0	0.2	0.50	0.16	29.3

Свинец (Pb)

Элемент относится к 1 классу опасности. ПДК подвижной формы Pb в почвах составляет 6 мг/кг (общесанитарный уровень). Содержание Pb варьирует в органо-генном подгоризонте L от 1.1 до 1.3, подгоризонте FN – от 6.1 до 12.0; в минеральных горизонтах – от 0.09 до 0.70 мг/кг. Концентрации Pb на ПП С-11 сопоставимы с фоновыми значениями для всех почвенных горизонтов. Превышение ПДК выявлено в органогенном подгоризонте FN.

Cd (кадмий)

Элемент относится к 1 классу опасности. ПДК по Cd в почвах отсутствует в связи с его высокой токсичностью. На обследованной территории содержание Cd варьирует в органогенном подгоризонте L от 0.07 до 0.09, подгоризонте FN от 0.11 до 0.22; в минеральных горизонтах – от 0.001 до 0.011 мг/кг. Концентрации Cd на обследованной территории (С-11) сопоставимы с фоновыми значениями для всех почвенных горизонтов.

Zn (цинк)

Элемент относится к 1 классу опасности. ПДК подвижной формы составляет 23 мг/кг (транслокационный уровень). На ПП С-11 содержание подвижной формы Zn варьирует в органогенном подгоризонте L от 20.6 до 23.0, подгоризонте FN – от 12.8 до 17.2; в минеральных горизонтах – от 0.03 до 0.90 мг/кг и не превышает фоновых значений. Превышение допустимого транслокационного уровня на ПП С-11 не выявлено.

На ПП Е-9 содержание Zn варьирует в органогенном подгоризонте L от 52.1 до 88.8, подгоризонте FN – от 16.0 до 32.9; в минеральных горизонтах – от 0.02 до

0.38 мг/кг и достоверно ниже по сравнению с почвами фоновой территории. Следует отметить, что в еловых лесах в органогенном горизонте среднее содержание подвижных форм Zn превышает ПДК как в фоновых условиях, так и в 15-км зоне от КАЭС.

Cu (медь)

Элемент относится к 2 классу опасности. ПДК подвижной формы составляет 3.0 мг/кг (общесанитарный уровень). На ПП С-11 содержание подвижной формы Cu варьирует в органогенном подгоризонте L от 1.8 до 3.9, подгоризонте FH – от 3.6 до 6.4; в минеральных горизонтах – от 0.09 до 0.51 мг/кг. Достоверное увеличение концентрации меди относительно фона отмечено в горизонтах L, FH, E в 6, 16 и 8 раз соответственно. В органогенном горизонте почвы обнаруживается превышение ПДК подвижной формы Cu.

На ПП E-9 содержание подвижных соединений Cu варьирует в органогенном подгоризонте L от 0.60 до 1.04, подгоризонте FH – от 0.52 до 1.18; в минеральных горизонтах – от 0.09 до 0.61 мг/кг. Концентрации Cu в органогенных подгоризонтах сопоставимы с фоновыми. В минеральных горизонтах на ПП E-9 содержание подвижной формы Cu возрастает по сравнению с фоном. Превышение ПДК в почве еловых лесов не обнаружено.

Ni (никель)

Элемент относится к 2 классу опасности. ПДК подвижной формы Ni в почвах составляет 4.0 мг/кг, лимитирующий показатель – общесанитарный уровень. Элемент относится к 2 классу опасности. На ПП С-11 содержание подвижной формы Ni варьирует в органогенном подгоризонте L от 8.2 до 9.1, подгоризонте FH – от 11.6 до 14.0; в минеральных горизонтах – от 0.02 до 0.23 мг/кг. Статически значимые различия по содержанию подвижных форм Ni между почвами фоновой территории и исследованных в 15-км зоне от КАЭС выявлены в органогенном горизонте. В подгоризонтах L и FH содержание Ni возрастает в 25–30 раз по сравнению с фоном. В органогенном горизонте концентрация подвижной формы Ni значительно превышает ПДК – в 2-3 раза.

На ПП E-9 содержание подвижной формы Ni варьирует в органогенном подгоризонте L от 3.7 до 5.3, подгоризонте FH – от 4.0 до 7.0; в минеральных горизонтах – от 0.12 до 0.36 мг/кг. Концентрации Ni в органогенном и подзолистом горизонтах превышают фоновые. Превышение ПДК подвижной формы Ni обнаружено в органогенном горизонте.

Co (кобальт)

Элемент относится к 2 классу опасности. ПДК подвижной формы Co в почвах составляет 5.0 мг/кг, общесанитарный уровень. Содержание Co варьирует в органогенном подгоризонте L от 0.17 до 0.20, подгоризонте FH – от 0.44 до 0.70, в минеральных горизонтах – от 0.01 до 0.20 мг/кг. Концентрации Co в органогенном горизонте на обследованной территории превышают фоновые значения: в подгоризонте L – в 3 раза, подгоризонте FH – в 5 раз. Концентрации подвижной формы Co

значительно ниже ПДК. По степени загрязнения Со почвы в 15-км зоне от КАЭС можно отнести к категории «допустимая».

Мп (марганец)

Элемент относится к 3 классу опасности. ПДК подвижной формы Мп установлен только для дерново-подзолистых почв и чернозёма. В этой связи оценку содержания Мп в почве в районе деятельности КАЭС проводили с учётом фоновых значений. На ПП С-11 содержание подвижной формы Ni варьирует в органогенном подгоризонте L от 334 до 422, подгоризонте FH – от 54 до 117; в минеральных горизонтах – от 0.09 до 0.5 мг/кг.

На ПП Е-9 содержание подвижной формы Мп варьирует в органогенном подгоризонте L от 1044 до 1813, подгоризонте FH – от 31 до 362; в минеральных горизонтах – от 0.14 до 1.19 мг/кг.

Полученные значения подвижной формы Мп в почве еловых и сосновых лесов в 15-км зоне от КАЭС не превышают фонового уровня. Напротив, доступность данного элемента в почве обследованной территории снижается (С-11, Е-11).

Динамика содержания ТМ в органогенном горизонте почвы в разные периоды исследования (рис. 6.5) при периодичности отбора почвенных проб 1 раз в 10 лет, показывает, что за период с 2007 г. концентрации подвижных форм Ni и Cu в органогенном горизонте в 15-км зоне КАЭС снизились, но превышение фоновых значений сохраняется.

Кислотность почв и содержание серы. Помимо перечисленных показателей, проведены определения параметров кислотности и содержания в почве подвижной формы серы. В СанПиН эти показатели не нормируются, но включены в программу мониторинговых исследований.

Выявлены статистические значимые различия по содержанию подвижных форм серы между почвами фоновых территорий и обследованных в 15-км зоне от КАЭС. Достоверное увеличение содержания S на ПП С-11 выявлено в органогенном (подгоризонт FH) и минеральных (B, BC) горизонтах.

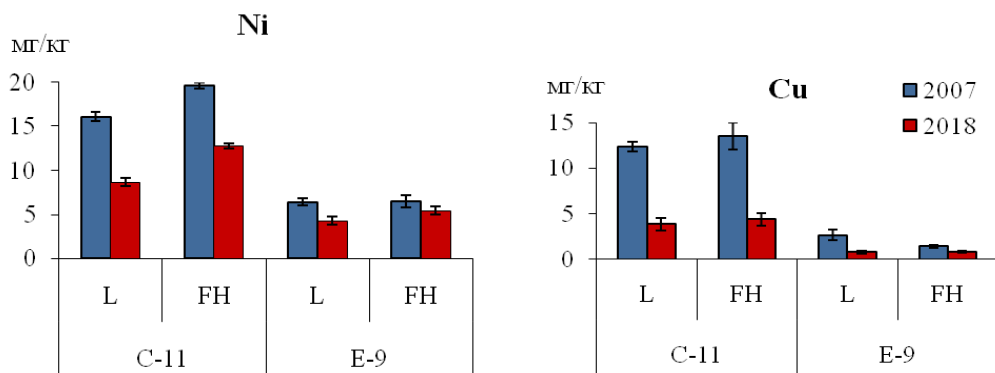


Рис. 6.5. Содержание подвижных форм Ni и Cu в органогенном горизонте почвы в 15-км зоне КАЭС, мг/кг

Достоверных различий по показателю кислотности почвенных проб (рН) между почвами сосновых лесов фоновой территории и в 15-км зоне от КАЭС не выявлено (табл. 6.4). В органогенном подгоризонте FН почвы еловых лесов (Е-11) показатель рН ниже фоновых значений. Ранее нами было также показано, что органогенный горизонт почв (подгоризонт FН) на данной пробной площади более кислый, чем в ненарушенном фитоценозе, а гидролитическая кислотность почв остается на уровне фоновых значений [Сухарева, 2018]. Обменная кислотность органогенного горизонта обследованных почв характеризуется высокими значениями в подгоризонте L, FН (С-11) и подгоризонте FН (Е-9). В 15-км зоне КАЭС в органогенном горизонте почв отмечается также высокое содержание обменного алюминия и водорода, что может быть обусловлено интенсификацией биогенного кислотообразования за счет увеличения количества растительного опада, а также отмирания зеленых мхов и лишайников.

За период с 2012 по 2019 гг. в 15-км зоне КАЭС значительных изменений удельной активности значимых радионуклидов (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^{68}Co) не наблюдалось. Колебания удельной активности радионуклидов в почве не превышают уровня средних многолетних величин природного радиационного фона.

Почвы в районе деятельности КАЭС загрязнены ТМ. Увеличение содержания подвижных форм ТМ (Ni, Cu, Pb, Co) и серы в зоне деятельности КАЭС обусловлено долговременным влиянием на лесные экосистемы предприятий цветной металлургии. В органогенном горизонте почвы сосновых лесов концентрации Cu превышают фоновые значения и ПДК, в минеральных горизонтах еловых лесов – только фоновые показатели. Концентрации Ni в почве сосновых лесов многократно превышают фоновый уровень и ПДК. В еловых лесах почвы также содержат повышенные концентрации никеля. Концентрации Pb и Cd сопоставимы с фоновыми значениями для всех почвенных горизонтов. В органогенном горизонте концентрации Pb превышает ПДК.

Значения подвижной формы Mn и Zn в почве еловых и сосновых лесов в 15-км зоне КАЭС не превышают фонового уровня. Напротив, доступность этих элементов в почве обследованной территории снижается по сравнению с почвами фоновых фитоценозов.

В 2018 г. произошло снижение подвижных форм меди и никеля в органогенном горизонте почвы в еловых и сосновых лесах по сравнению с данными 2007 г., но сохраняется превышение фоновых концентраций (рис. 6.5).

Таким образом, существенное влияние на состояние почв в районе деятельности КАЭС оказывают аэротехногенные выбросы медно-никелевого комбината «Североникель» (город Мончегорск), которые приводят к повышенным концентрациям тяжёлых металлов и серы в почвенно-растительном покрове даже на территориях, находящихся на значительном удалении от источника загрязнения и к трансформации свойств почв на значительной по площади территории.

6.3. Биогенность почв и микробиологическая характеристика

Критерий биогенности почв (БП), характеризующий их потенциальную способность к самоочищению и устойчивость к загрязнению, был разработан Г. А. Евдокимовой и Н. П. Мозговой [2001]. В основу критерия была положена идея

Таблица 6.4. Параметры кислотности почвы сосновых лесов в районе КАЭС и на фоновых территориях

Горизонт	Актуальная кислотность (рНводн.)	Гидролитическая кислотность, мг экв/100 г	Обменная кислотность, мг экв/100 г	Обменный алюминий, мг экв/100 г	Обменный водород, мг экв/100 г
Сосновые леса					
С-фон					
L	3.97	157.5	5.85	1.16	4.69
FH	3.91	171.8	5.89	1.77	4.12
E	4.22	12.5	2.43	2.02	0.42
B	5.06	12.5	0.19	0.09	0.10
C	5.20	9.3	0.44	0.36	0.09
С-11					
L	3.88	152.8	10.15	2.84	7.31
FH	3.87	151.8	11.32	5.84	5.49
E	4.37	10.7	1.59	1.36	0.23
B	4.6	11.4	0.43	0.32	0.11
C	5.31	9.4	0.22	0.12	0.10
Еловые леса					
Е-фон					
L	4.65	148.8	11.42	2.20	9.22
FH	4.36	150.0	9.58	4.64	4.94
E	4.63	11.2	2.09	1.84	0.25
B	5.17	14.0	1.12	0.99	0.13
BC	5.19	9.7	0.30	0.22	0.08
C	5.16	12.1	1.20	1.10	0.10
Е-9					
L	4.57	174.1	7.96	1.82	6.14
FH	3.87	153.9	13.07	5.77	7.30
E	4.20	13.5	1.77	1.52	0.25
B	4.79	11.8	1.47	1.32	0.15
BC	5.26	10.4	0.93	0.84	0.08
C	5.25	14.2	0.42	0.34	0.07

Т. В. Аристовской [1988] об актуальном и потенциальном почвенном плодородии, которая базируется на обогащенности почвы органическим веществом (гумусом), азотом и величине микробной биомассы. Гуминовые и фульвокислоты содержат такие группы, как карбоксильную, гидроксильную, карбонильную, что обеспечивает

им способность активно осуществлять сорбционные процессы. В частности, они сорбируют тяжелые металлы и ароматические углеводороды, снижая их токсичность для почвенной биоты и растений. Важнейший биогенный элемент, азот, обычно лимитирует рост и развитие биоты.

Микроорганизмы являются неотъемлемой частью живой составляющей почвы и, в то же время, выполняют функции внешнего фактора (одного из пяти докучаевских факторов почвообразования). Подобная двойственность локализации и функций почвенной биоты определяет ее важную роль в почвообразовательных процессах и почвенном плодородии. Бактерии и микроскопические грибы являются основными деструкторами органических веществ, как природного, так и антропогенного происхождения, тем самым, очищая окружающую среду и поставляя элементы питания растениям. Синтезируемые микроорганизмами внеклеточные аминокислоты, пигменты, белки, органические кислоты, ферменты, фенолы оказывают влияние на миграцию элементов в почвенном профиле и, возможно, являются предшественниками гуминовых кислот.

Методы исследований. Численность сапротрофных бактерий определяли на мясо-пептонном агаре, олиготрофных бактерий – на слабоминерализованной среде Аристовской, энтеробактерий – на специализированной лактозо-пептонной среде и среде Кода [СанПиН 2.1.7.1287-03, 2003]. Численность грибов определяли методом посева на сусло-агар (рис. 6.6) с добавлением молочной кислоты для подавления роста бактерий. Расчеты численности бактерий и грибов проводили на абсолютно сухую почву, прокаленную при 105°C до постоянного веса. Выделение бактерий и грибов (рис. 6.7, 6.8) проводили с питательных сред. Анализ биологического разнообразия грибов выполнен на основе культурально-морфологических признаков с использованием определителей [Hoffman, Pallauf, 1965; Егорова, 1986; Klich, 2002; Domsh et al., 2007; Seifert et al., 2011]. Видовые названия уточняли по пополняемым спискам видов в базе данных «Species fungorum» [www.indexfungorum.org].

Общая численность и биомасса бактерий и микроскопических грибов определена методом флуоресцентной микроскопии (микроскоп фирмы Цейс) с использованием темноокрашенных поликарбонатных фильтров Nucleopor Black с диаметром пор 0.2 мкм и 0.8 мкм [Olsen, Hovland, 1985]. Фильтры для учета бактерий окрашивали акридином оранжевым, а фильтры для учета грибов – красителем FITC (флуоресцин-5-изотиоционат). Биомасса бактерий, грибов и актиномицетов была рассчитана на основании данных по общей численности бактерий и длины грибного и актиномицетного мицелия с использованием соответствующих коэффициентов [Современная микробиология, 2005].

Для определения численности живых клеток водорослей использовали метод прямого счета под люминесцентным микроскопом на сухих мазках почвенной суспензии [Кондакова, Домрачева, 2007]. Хлорофилл живых клеток водорослей дает красное свечение, что упрощает их подсчет.

Для исследования таксономического состава цианобактериально-водорослевых ценозов использовали метод посева почвенного мелкозема и почвенной

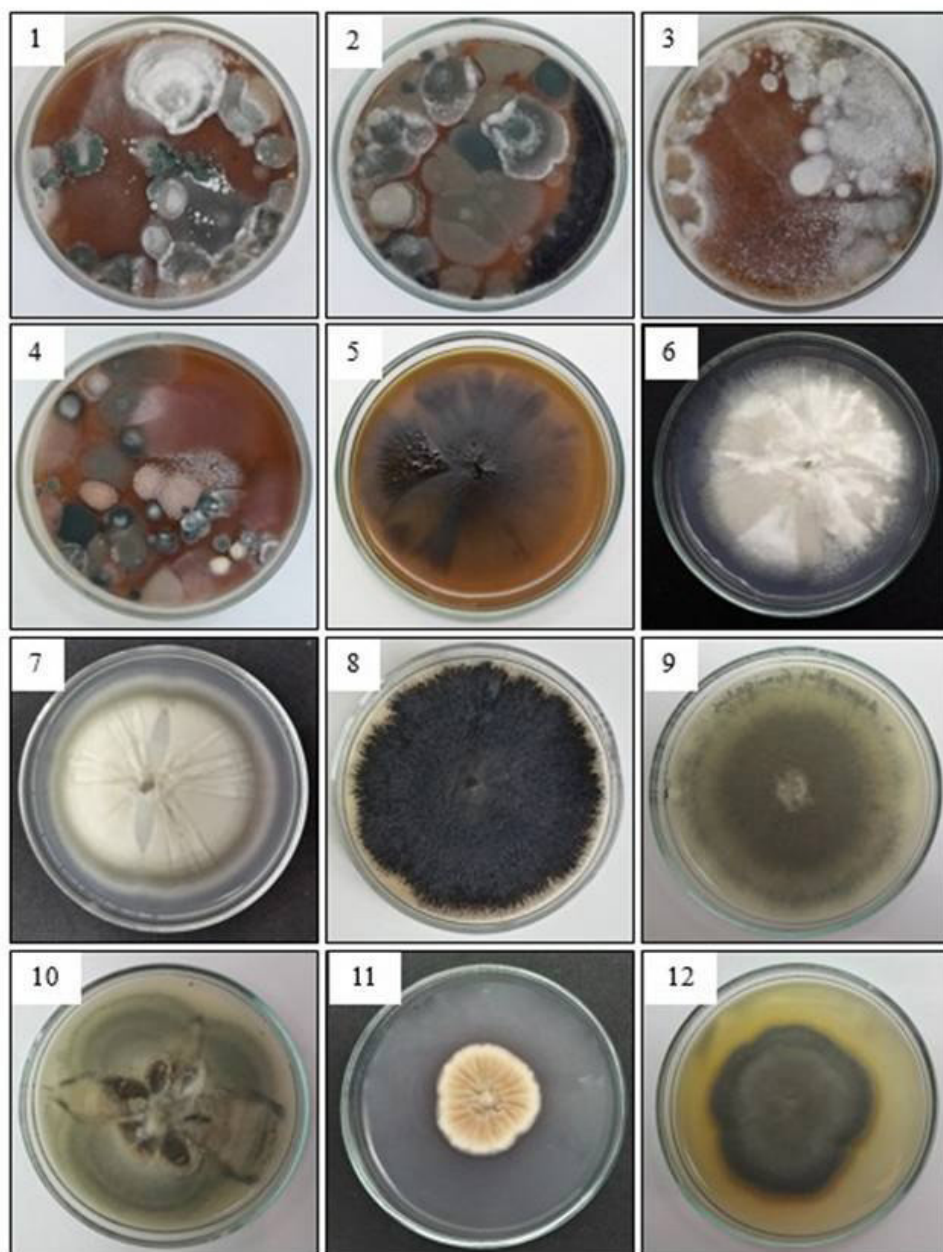


Рис. 6.6. Фотографии микроскопических грибов:

- 1 – микромицеты в почве елового леса в 15-км радиусе вокруг КАЭС;
- 2 – микромицеты в почве елового леса в > 100-км радиусе вокруг КАЭС;
- 3 – микромицеты в почве соснового леса в 15-км радиусе вокруг КАЭС;
- 4 – микромицеты в почве соснового леса в > 100-км радиусе вокруг КАЭС;
- 5 – *Aureobasidium pullulans*; 6 – *Penicillium glabrum*; 7 – *Penicillium spinulosum*;
- 8 – *Torula expansa*; 9 – *Aspergillus fumigatus*; 10 – *Penicillium herquei*;
- 11 – *Aspergillus versicolor*; 12 – *Penicillium velutinum*

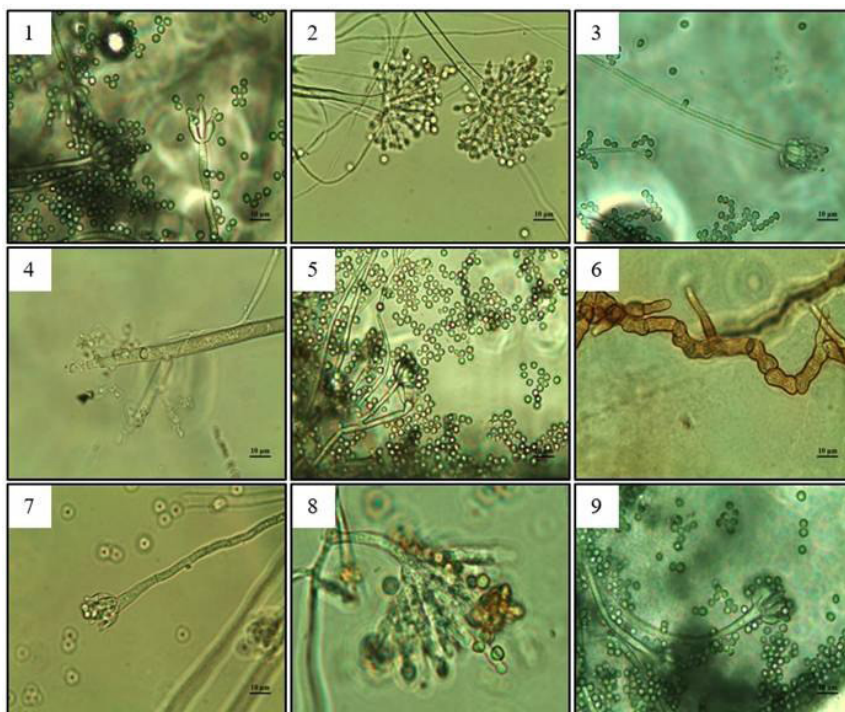


Рис. 6.7. Микрофотографии микроскопических грибов:
 1 – *Penicillium glabrum*; 2 – *Aspergillus versicolor*; 3 – *Penicillium thomii*;
 4 – *Botrytis cinerea*; 5 – *Penicillium dierckxii*; 6 – *Aureobasidium pullulans*;
 7 – *Penicillium multicolor*; 8 – *Aspergillus flavus*; 9 – *Penicillium purpurescens*.

суспензии на агаризованную среду, а также культивирование в жидких питательных средах 3N-BVM и Z8 [Kótai, 1972; Гайсина и др., 2008]. Определение видов проводили в накопительных или чистых, полученных методом выделения с помощью стеклянных капилляров, культурах. Идентификацию осуществляли по культурально-морфологическим признакам с использованием микроскопа Olympus CX41 с камерой Jenoptik ProgRes при увеличении $\times 1000$ с масляной иммерсией по классическим определителям [Андреева, 1998; Komárek et al., 2005; Komárek, 2013; Ettl, Gärtner 2014]. Для уточнения названий видов водорослей и их систематической принадлежности использовали электронную базу данных Algaebase [Guiry, Guiry, 2020].

Критерий биогенности почв рассчитывали по количеству микробной биомассы (Бмикр.), приходящейся на единицу органического вещества почвы (Сорг.) с учетом обогащенности его азотом (Nорг.): $БП = (Бмикр./Сорг.) \times (Nорг./Сорг.) \times 10^4$, где БП – безразмерная величина, остальные показатели выражены в т/га.

Сходство видового состава рассчитывали по коэффициенту Сьеренсена-Чекановского. Для анализа данных также использовали индекс разнообразия Шеннона, индексы Симпсона и Пиелу.

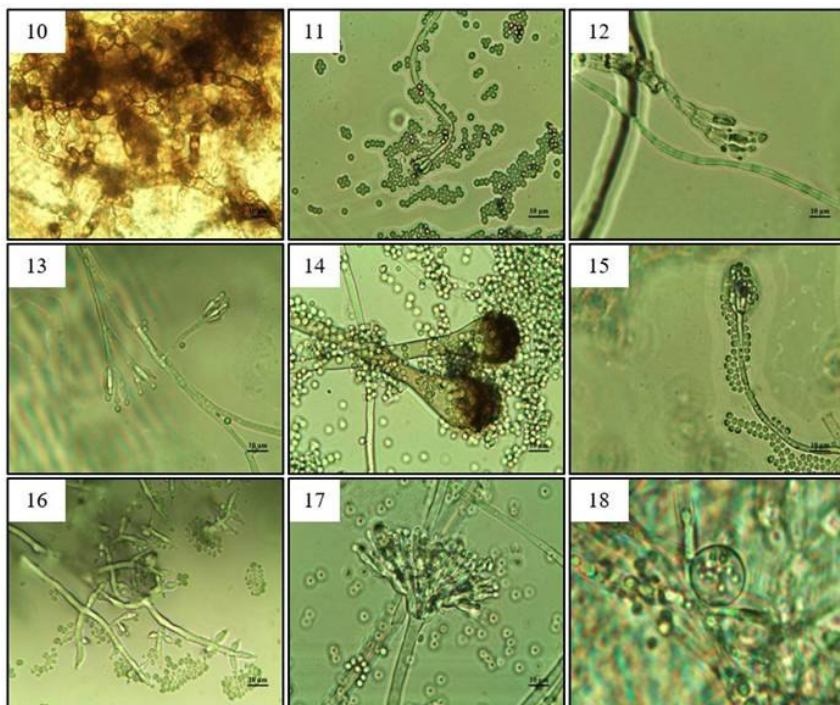


Рис. 6.8. Микрофотографии микроскопических грибов:
 1 – *Penicillium glabrum*; 2 – *Aspergillus versicolor*; 3 – *Penicillium thomii*;
 4 – *Botrytis cinerea*; 5 – *Penicillium dierckxii*; 6 – *Aureobasidium pullulans*;
 7 – *Penicillium multicolor*; 8 – *Aspergillus flavus*; 9 – *Penicillium purpurescens*

Результаты исследований. Почвы Мурманской области по их потенциальному плодородию и устойчивости к загрязнению разделены согласно предложенному критерию на три группы:

Почвы с низкой биогенностью, БП<2: примитивные, иллювиально-гумусовые тундровые и иллювиально-железистые подзолы.

1. Почвы со средней биогенностью, БП=2–8: лесотундровые иллювиально-гумусовые подзолы, гумусово-железистые подзолы, иллювиально-многогумусовые подзолы, торфяно-подзолистые иллювиально-гумусовые, торфяно-болотные верховые.

2. Почвы с высокой биогенностью, БП>8: торфяно-болотные переходные.

На основе этих материалов и характеристики типов почв была охарактеризована биогенность основных типов почв, находящихся в 15-км радиусе от КАЭС: иллювиально-железистые подзолы, иллювиально-гумусовые подзолы и торфяно-подзолы в сочетании с торфяными почвами.

Самая низкая суммарная биомасса бактерий и микроскопических грибов по всему почвенному профилю была выявлена под сосновыми лесами на иллювиально-железистых подзолах – 0.32–0.40 т/га. Эти почвы характеризуются также невысокими запасами общего углерода и азота. Они отнесены к категории почв с низкой биогенностью.

Таблица 6.5. Показатели численности и биомассы бактерий и грибов в 15-км радиусе вокруг КАЭС

Объект исследования	Общая численность бактерий, млн/г	Длина грибного мицелия, м/г	Биомасса, $\times 10^{-5}$ г/г	
			бактерий	грибов
в 15-км радиусе				
Ельник	22000	1010.38	90	1.11
Сосняк	14000	1473.47	56	1.62
> 100 км				
Ельник	20000	1852.36	79	2.04
Сосняк	17000	1793.42	70	1.97

Более высокая микробная биомасса (1.77–2.59 т/га) зафиксирована под еловыми лесами, занимающими иллювиально-гумусовые подзолы и торфяно-подзолы. Иллювиально-гумусовые подзолы этого региона отнесены к почвам со средней биогенной активностью.

Исследования, проведенные в 1984 г., показали, что общая микробиологическая характеристика почв по таким показателям, как численность бактерий и микроскопических грибов, их биомасса и показатель биогенности почв, в 15-км радиусе от КАЭС укладываются в рамки данных показателей по естественным почвам Кольского полуострова. Исследования 2020 г. подтверждают эту закономерность. Так, общая численность бактерий в почве ельника вблизи КАЭС составила в среднем 2.2×10^{10} кл/г почвы, в почве сосняка – 1.4×10^{10} кл/г (табл. 6.5).

На территории, находящейся на расстоянии более 100 км от КАЭС, общая бактериальная численность в иллювиально-железистых и иллювиально-гумусовых подзолах колебалась в пределах $1.7-2 \times 10^{10}$ кл/г почвы.

Наиболее высокая численность основных трофических групп бактерий наблюдалась в иллювиально-гумусовом подзоле под ельником на удаленном от атомной

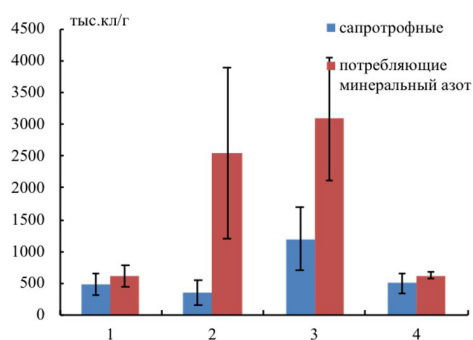


Рис. 6.9. Численность бактерий (тыс. кл/г) в почве в зоне воздействия КАЭС:

- 1 – ельник в 15-км зоне, 2 – сосняк в 15-км зоне,
3 – ельник на расстоянии более 100 км,
4 – сосняк на расстоянии более 100 км

станции участке и колебалась в пределах 1.9–3 млн.кл/г почвы (рис. 6.9). В остальных почвенных образцах численность сапротрофов и бактерий, потребляющих минеральные формы азота, была в пределах 0.35–2.5 млн.кл/г, разница между участками недостоверна. Как в иллювиально-гумусовых, так и в иллювиально-железистых подзолах преобладала группа бактерий, потребляющих минеральный азот.

Численность культивируемых микроскопических грибов вблизи атомной станции в еловом лесу изменялась от 50 до 70 тыс. КОЕ/г, в сосновом лесу – от

Таблица 6.6. Таксономическое разнообразие почвенных микромицетов в зоне воздействия КАЭС

Вид	15-км радиус вокруг КАЭС		> 100 км от КАЭС	
	ельник	сосняк	ельник	сосняк
Отдел <i>Ascomycota</i> Подотдел <i>Pezizomycotina</i> Класс <i>Dothideomycetes</i> Подкласс <i>Dothideomycetidae</i> Порядок <i>Dothideales</i> Семейство <i>Sacotheciaceae</i>				
* <i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary & Löwenthal) G. Arnaud				
			+	
Класс <i>Eurotiomycetes</i> Подкласс <i>Eurotiomycetidae</i> Порядок <i>Eurotiales</i> Семейство <i>Aspergillaceae</i>				
* <i>Aspergillus fumigates</i> Fresen.				
	+			
* <i>Paecilomyces variotii</i> Bainier				
	+			
* <i>Penicillium dierckxii</i> Biourge				
	+	+		+
* <i>P. glabrum</i> (Wehmer) Westling				
	+	+	+	+
* <i>P. herqueti</i> Bainier & Sartory				
				+
* <i>P. lapidosum</i> Raper & Fennell				
			+	
* <i>P. nalgiovense</i> Laha				
	+			
* <i>P. purpurescens</i> (Sopp) Biourge				
	+	+	+	+
* <i>P. spinulosum</i> Thom				
	+	+	+	+
* <i>P. thomii</i> Maire				
	+	+	+	+
* <i>P. velutinum</i> J.F.H. Beyma				
	+	+	+	+
* <i>Talaromyces verruculosus</i> (Peyronel) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert				
				+
Класс <i>Sordariomycetes</i> Подкласс <i>Hypocreomycetidae</i> Порядок <i>Hypocreales</i> Семейство <i>Hypocreaceae</i>				
* <i>Trichoderma koningii</i> Oudem.				
			+	
* <i>Tr. viride</i> Pers.				
	+		+	
Семейство <i>Nectriaceae</i>				
<i>Cylindrocarpon candidum</i> (Link) Wollenw.				
			+	
Порядок <i>Microascales</i> Семейство <i>Microascaceae</i>				
* <i>Microascus brevicaulis</i> S. P. Abbott				
	+	+		+
Отдел <i>Mucoromycota</i> Подотдел <i>Mucoromycotina</i> Класс <i>Incertae sedis</i> Подкласс <i>Incertae sedis</i> Порядок <i>Umbelopsidales</i> Семейство <i>Umbelopsidaceae</i>				
<i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudem.) W. Gams				
	+	+	+	+
<i>Umb. Ramanniana</i> (Möller) W. Gams				
	+		+	+
<i>Incertae sedis</i>				
<i>Mycelia Sterilia white</i>				
	+	+	+	+
ВСЕГО: Отделов/Классов/ Порядков/ Семейств/Родов/ Видов	2/3/4/4/7/14	2/2/3/4/4/9	2/4/4/6/6/13	2/3/3/4/4/12

Примечание: * – условно-патогенные микромицеты.

150 до 230 тыс. КОЕ/г, тогда как в ельнике на удаленном расстоянии от атомной станции численность колебалась от 30 до 50 тыс. КОЕ/г, а в сосняке – от 120 до 140 тыс. КОЕ/г. Количество почвенных микромицетов в сосняке почти в три раза выше, чем в ельнике. Численность почвенных микромицетов в обоих типах леса вблизи КАЭС в полтора раза выше, чем на удаленных участках. Однако эта разница не столь значительна по сравнению с результатами, полученными для воздушной среды.

Биомасса и длина грибного мицелия, полученные по методу прямого счета (табл. 6.6), находятся на нижнем пределе значений, характерных для северных сосновых и еловых лесов [Корнейкова и др., 2018], что также, вероятно, связано с метеоусловиями в год проведения исследований. В отличие от результатов, полученных по методу посева, значения биомассы и длины мицелия грибов вблизи атомной станции были немного ниже, чем на удаленном расстоянии. Такой результат объясняется спецификой методов исследования – метод посева позволяет учитывать только живые клетки микроорганизмов, метод прямого счета – как живые, так и мертвые.

Таксономическое разнообразие почвенных микромицетов в еловом лесу вблизи КАЭС представлено 14 видами, относящимися к семи родам, четырем семействам, четырем порядкам, трем классам и двум отделам; в еловом лесу, расположенном на удаленном расстоянии от станции – 13 видами, относящимися к 6 родам, 6 семействам, четырем порядкам, четырем классам и двум отделам (табл. 6.6). Степень сходства видового состава почвенных микокомплексов сравниваемых ельников составила 67%. Виды *Aspergillus fumigatus*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium dierckxii*, *P. algiovense* и *Microascus brevicaulis* встречались только в почве ельника вблизи КАЭС и отсутствовали на удаленном расстоянии, тогда как виды *Aureobasidium pullulans*, *P. lapidosum*, *Trichoderma koningii*, *Cylindrocarpon candidum* были обнаружены только в почве удаленного участка леса.

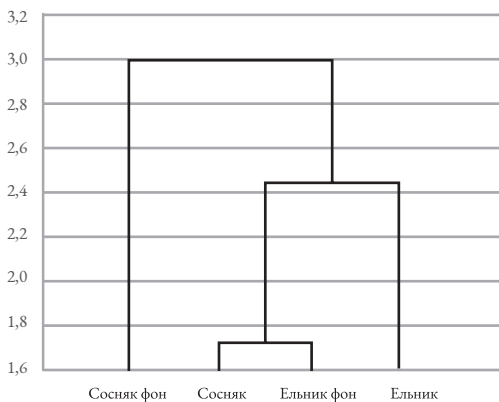


Рис. 6.10. Дендрограмма сходства видового состава почвенных микромицетов в различных типах леса на разном расстоянии от КАЭС. Сходство рассчитано по коэффициенту Сьеренсена-Чекановского

Таксономическое разнообразие микромицетов-аэробиионтов в сосновом лесу вблизи КАЭС представлено 9 видами, относящимися к четырем родам, четырем семействам, трем порядкам, двум классам и двум отделам, тогда как в сосняке на удаленном участке – 12 видами, относящимися к четырем родам, четырем семействам, трем порядкам, трем классам и двум отделам (табл. 6.6). Видовое разнообразие почвенных микромицетов вблизи КАЭС немного ниже, чем на удаленном участке. Степень сходства видового состава микокомплексов почвы сравниваемых сосняков высокая и составляет 76%. Виды родов *Penicillium herquei*, *Talaromyces*

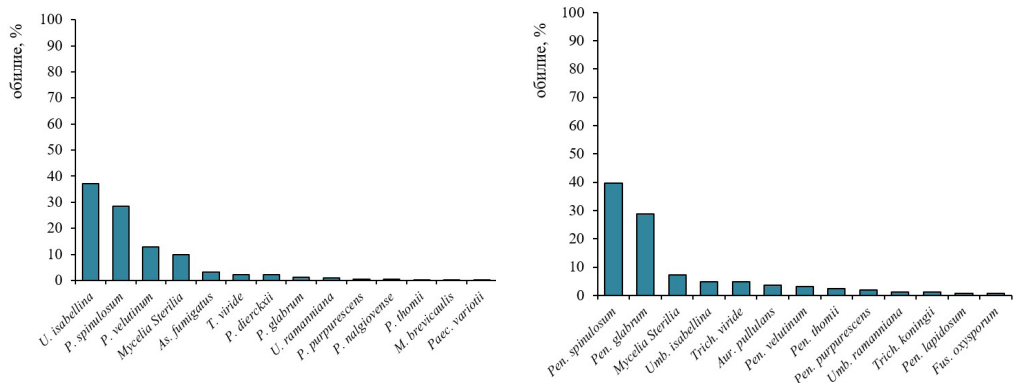


Рис. 6.11. Обилие (%) микромицетов в почве елового леса:

А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – > 100 км от КАЭС

verruculosus, *Umbelopsis ramanniana* были найдены только в сосняке на удаленном расстоянии, вблизи КАЭС новые виды не обнаружены.

Дендрограмма сходства видового состава комплексов микромицетов почв показывает максимальное сходство грибов в сосновом лесу вблизи КАЭС и на удаленном расстоянии, тогда как видовое разнообразие микромицетов в еловом лесу различалось сильнее (рис. 6.10).

Существенной разницы в структуре комплексов почвенных микроскопических грибов в еловом лесу вблизи КАЭС и на удаленном участке не выявлено. Вблизи атомной станции отмечены два вида доминанта (индекс обилия 30 – 40 %), остальные виды – редкие (рис. 6.11). Наблюдается разница в составе доминирующих видов

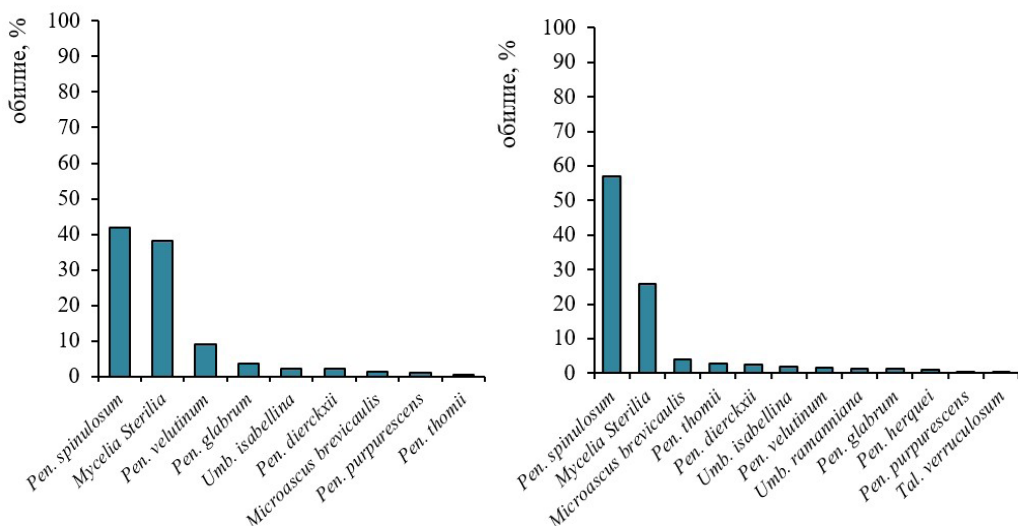


Рис. 6.12. Обилие (%) микромицетов в почве соснового леса:

А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – > 100 км от КАЭС

на разном расстоянии от КАЭС. Вид *Umbelopsis isabellina*, доминирующий вблизи атомной станции, относился к редким на удаленном участке и, напротив, вид *Penicillium glabrum*, доминирующий в фоновом лесу, относился к редким вблизи КАЭС. В то же время вид *P. spinulosum* относился к доминирующим, независимо от расстояния от атомной станции.

В сосновом лесу на разном расстоянии от атомной станции различий в составе видов-доминантов не выявлено (рис. 6.11). Вид *Penicillium spinulosum* и грибы со стерильным мицелием доминировали по обилию вблизи и на удаленном расстоянии с той лишь разницей, что в фоновом лесу *P. spinulosum* имел более высокий индекс обилия.

Индекс разнообразия Шеннона в сосновых и еловых лесах изменялся от 1.97 до 2.56 (табл. 6.7). Более низкие значения характерны для соснового леса, независимо от расстояния от атомной станции. Наибольшее значение индекса Симпсона и наименьшее значение индекса Пиелу свидетельствует о наличии видов-супердоминантов в сосняке, расположенном на удаленном расстоянии от КАЭС.

Доля условно-патогенных грибов в почве как елового, так и соснового леса вблизи атомной станции составила 78%, на удаленном расстоянии – 69% в еловом лесу и 75% – в сосновом. Таким образом, в почве доля микромицетов, представляющих опасность для здоровья людей, сохраняется примерно на одном уровне, независимо от расстояния от атомной станции.

В почве елового леса как вблизи атомной станции, так и на удаленном расстоянии грибы, относящиеся к группе аллергенных, не выявлены (рис. 6.13). Вблизи КАЭС доля патогенных грибов, способных вызывать микозы, не изменилась по сравнению с удаленной территорией, однако увеличилось количество грибов, относящихся к патогенным и аллергенным одновременно.

В почве соснового леса, как и в еловом лесу, отмечено увеличение доли грибов, относящиеся к группе одновременно аллергенных и патогенных, но в то же время аллергенные грибы отсутствуют, доля патогенных снижается (рис. 6.14).

Помимо редуцентов (бактерии, микроскопические грибы) в почве также присутствуют организмы – продуценты: микроскопические водоросли и цианобактерии. Микроскопические водоросли являются важной составляющей микробиоцено-

Таблица 6.7. Значения синэкологических индексов для комплексов микромицетов – аэробиионтов в зоне воздействия КАЭС

Участок	Индексы		
	Шеннона (H)	Симпсона (C)	Пиелу (e)
Ельник в 15-км радиусе	2.45	0.25	0.64
Сосняк в 15-км радиусе	1.97	0.33	0.62
Ельник > 100 км	2.56	0.25	0.69
Сосняк > 100 км	1.91	0.40	0.53

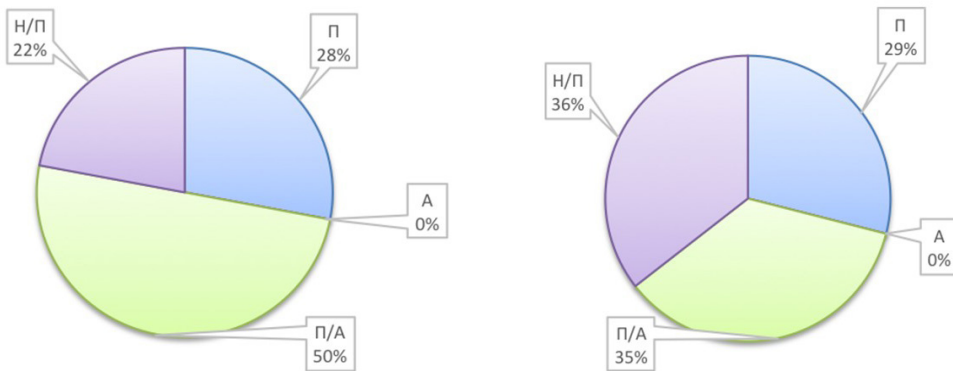


Рис. 6.13. Доля патогенных и аллергенных микромицетов в почве елового леса:
 А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – > 100 км от КАЭС

за почвы. Они участвуют в процессах накопления органического вещества и азота, разрушения минералов, перераспределения и аккумуляции элементов [Голлербах, Штина, 1969]. Реакция водорослей как фототрофных организмов на изменяющиеся почвенные условия сходна с реакцией высших растений. Показательными параметрами, характеризующими состояние альгоценоза, являются численность и структура сообществ почвенных водорослей.

Численность жизнеспособных клеток водорослей в подстилке является динамичной величиной, зависящей от совокупного действия многих факторов – влажности почвы, уровня рН, типа растительности, сезона и т.д. В 15-км радиусе вокруг КАЭС численность водорослей в лесной подстилке колебалась от 235 тыс. до 2.6 млн кл/г абс. сух. почвы, в среднем составляя 284 тыс. кл/г в почве ельника и 1.4 млн кл/г в почве сосняка (рис. 6.15). На значительном удалении от станции отмечена обратная закономерность: максимальное обилие водорослевых клеток обнаружено в подстилке елового леса – в среднем 2.4 млн кл/г, минимальное в сосняке – 57 тыс. кл/г. В некоторых слу-

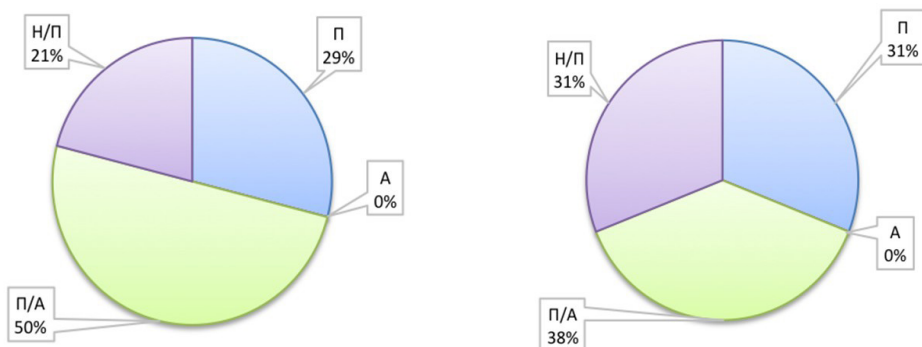


Рис. 6.14. Доля патогенных и аллергенных микромицетов в почве соснового леса:
 А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – > 100 км от КАЭС

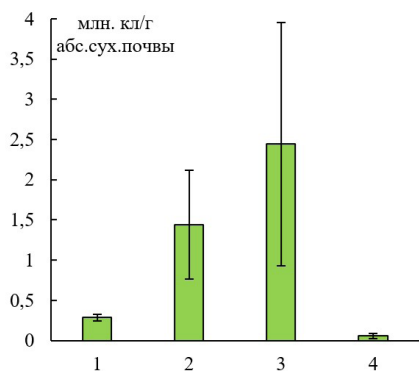


Рис. 6.15. Численность микроскопических водорослей в зоне воздействия КАЭС. 1 – ельник в 15-км радиусе от КАЭС, 2 – сосняк в 15-км радиусе от КАЭС, 3 – ельник на расстоянии > 100 км, 4 – сосняк на расстоянии > 100 км

чаях отмечены значительные колебания численности в пределах одного и того же участка, что объясняется варьированием микроклиматических условий и мозаичностью почвы. В целом, величины численности жизнеспособных клеток водорослей укладываются в диапазон значений, полученных ранее для почв региона [Корнейкова и др., 2018; Redkina et al., 2020].

Подзолистые почвы Мурманской области характеризуются довольно низким видовым разнообразием водорослей, что вполне закономерно, ведь их низкий уровень рН является неблагоприятным для развития микрофототрофов фактором. В кислой среде обитают наиболее устойчивые к таким условиям однокле-

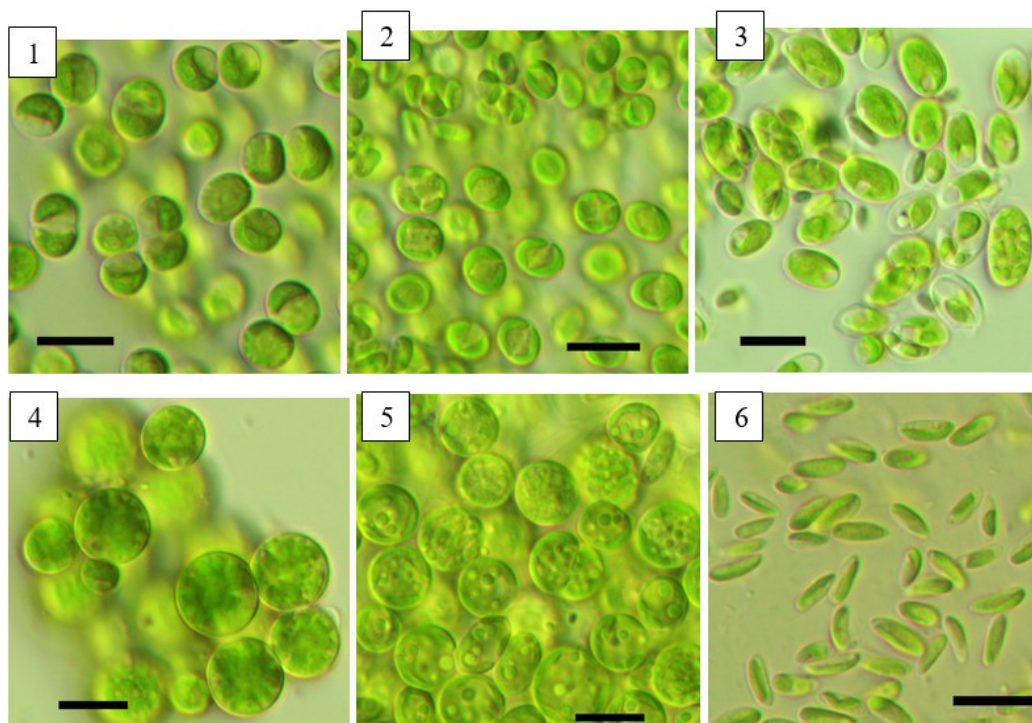


Рис. 6.16. Микроскопические водоросли, обнаруженные в почвах под сосновыми и еловыми лесами: 1 – *Interfilum* cf. *paradoxum*, 2 – *Neocystis brevis*, 3 – *Chloroidium* cf. *angusto-ellipsoideum*, 4 – *Trebouxia* sp., 5 – *Elliptochloris bilobata*, 6 – *Pseudococcomyxa simplex*

точные зеленые водоросли. В почвах под сосновыми и еловыми лесами как в радиусе 15 км вокруг КАЭС, так и на удаленном расстоянии обнаружены виды из отдела *Chlorophyta*, классов *Chlorophyceae* (4 видов), *Trebouxiophyceae* (7 видов) и *Ulvophyceae* (1 вид) (рис. 6.16). Наиболее часто встречались виды: *Elliptochloris bilobata* Tscherm.-Woess, *Neocystis brevis* (Vischer) Kostikov et L.Hoffmann, *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott, *Sporotetras polydermatica* (Kütz.) Kostikov et al., *Stichococcus bacillaris* Näg., *Trebouxia* sp. Все они довольно распространены как в почвах Кольского полуострова, так и в почвах других регионов. В то же время, представители других групп водорослей (диатомовые, желтозеленые), а также цианопрокариоты обнаружены не были.

Таким образом, основные количественные характеристики микробных сообществ почв, такие как численность бактерий и микроскопических грибов, их биомасса, а также показатель биогенности в 15-км радиусе вокруг КАЭС сопоставимы с таковыми в естественных почвах Мурманской области. Отмечено небольшое увеличение численности почвенных микромикотетов вблизи атомной станции.

Различия в комплексах микроскопических грибов в еловых лесах в большей степени проявляются на уровне видового состава грибов, а не структуры, тогда как в сосновых лесах – наоборот. Для лесных почв на разном расстоянии от станции характерны одни и те же доминирующие виды, однако структура вблизи атомной станции более выровненная, чем на отдаленной территории. В почве вблизи атомной станции, так же как и в воздухе, доля грибов, относящихся к аллергенным и патогенным, несколько выше, однако это величина не носит критический характер и соизмерима с фоновыми показателями. Причиной увеличения доли грибов, которые могут быть потенциально опасны для здоровья человека, может являться большая освоенность территории, близость населенных пунктов, дорог и пр.

6.4. Зоологическая характеристика лесной подстилки

Почвенная фауна – неотъемлемый компонент наземных экосистем, в которых на ее долю приходится 90-99% биомассы всех животных. Беспозвоночные-педобионты чрезвычайно разнообразны по таксономическому составу, жизненным формам, размерным характеристикам, трофической специализации. Они в различной степени связаны с почвой, как со средой обитания, и оказывают неодинаковое влияние на процессы почвообразования.

Изучение структурно-функциональной организации почвенной фауны и закономерностей ее изменения в зависимости от микроклиматических факторов, типа растительности и почвенных свойств лежит в основе зоологической индикации почв [Гиляров, 1965, 1982; Криволицкий, 1985, 1994], метода интегральной оценки качества почвы как среды обитания. В последние десятилетия этот метод широко применяется для диагностики почв, загрязняемых выбросами промышленных предприятий и радиоактивных источников [Криволицкий и др., 1986; Соколов и др., 1986; Биоиндикация ..., 1999].

Первая обстоятельная работа по радиоэкологии почвенных беспозвоночных была опубликована после обследования территории «Восточно-Уральского радио-

активного следа», образовавшегося в результате Кыштымской техногенной катастрофы 1957 г. Спустя 10 лет после аварии, при уровне загрязнения почвы изотопами стронция Sr^{90} и цезия Cs^{137} , составляющем 1,8–3,4 мкюри/ м^2 и 5 мкюри/ м^2 соответственно, авторы констатировали почти полную гибель беспозвоночных-сапрофагов, питающихся органическим веществом, – моллюсков, дождевых червей, многоножек [Гиляров, Криволицкий, 1971]. Последующие полевые исследования и лабораторные эксперименты по влиянию радиоактивных элементов и ионизирующих излучений естественного и техногенного происхождения на почвенных беспозвоночных позволили выявить, что повышенной уязвимостью отличаются типично почвенные виды (геобионты) в сравнении с обитателями поверхности почвы и толщи подстилки (герпетобионтами), долгоживущие беспозвоночные (дождевые черви, многоножки, панцирные клещи, личинки некоторых семейств насекомых) в сравнении с короткоцикловыми, слабо подвижные формы в сравнении с активно бегающими, животные с тонкими кожными покровами (черви) в сравнении с членистоногими, одетыми в прочный экзоскелет, ювенильные стадии (личинки, куколки) в сравнении со взрослыми животными [Гиляров, Криволицкий, 1985; Криволицкий, 1987].

С учетом перечисленных особенностей наиболее уязвимыми к радиоактивному воздействию, и, следовательно, чуткими биоиндикаторами этого воздействия даже на слабозагрязненных территориях, оказались дождевые черви. Эти крупные представители почвенной фауны в результате продолжительного жизненного цикла и оседлого обитания подвергаются наибольшему воздействию радиации. Аккумулированные в почве радионуклиды являются источниками внешнего облучения для всех ее обитателей. Однако, в отличие от насекомых, паукообразных и многоножек, прочные хитинизированные покровы которых способны экранировать внешнее облучение, тонкопокровные черви получают радиоактивную дозу извне, а являясь роющими сапрофагами, постоянно заглатывают загрязненную почву или растительный опад и, дополнительно, облучаются изнутри. На участках с повышенным радиационным фоном у дождевых червей отмечалось снижение численности, уменьшение размеров тела, отставание в развитии, нарушение кожного и кишечного эпителия [Гиляров, Криволицкий, 1971; Криволицкий и др., 1980].

Примечательно, что такие представители сапрофильного комплекса, как раковинные моллюски, многоножки-диплоподы и мокрицы, потребляя загрязненный радионуклидами растительный опад, не испытывают угнетения. Эти беспозвоночные имеют прочные кальцинированные покровы и относятся к категории высокозольных животных. В отличие от малозольных червей и насекомых, они способны к повышенной аккумуляции в своих покровах тех радионуклидов из почвы, которые представляют собой остеотропные аналоги кальция (стронций) и калия (цезий) [Криволицкий, Покаржевский, 1974; Покаржевский и др., 1983; Покаржевский, 1985]. Являясь представителями нижнего трофического уровня и потенциальными жертвами хищных беспозвоночных, высокозольные животные-сапрофаги запускают процесс биогенной миграции радионуклидов по пищевым цепям. В целом, благодаря роющей и трофической деятельности беспозвоночных, их высокой биомассе и способности вовлекать



Ельник-кустарничковый
зеленомошный
(Е-9)



Ельник-кустарничковый
зеленомошный
(Е-фон)



Сосняк лишайниково-
зеленомошно-кустарничковый
(С-фон)

Рис. 6.17. Лесные участки, исследованные на почвенную фауну в 2015 г.

радиоактивные элементы в биогенный круговорот, почвенной фауне принадлежит значительная роль в зоогенной миграции радионуклидов в наземных экосистемах [Гиляров, Криволицкий, 1985].

Методы исследований. В окрестностях КАЭС зоологическое обследование почв проводили в вегетационный сезон 2015 г. в ельнике кустарничково-зеленомошном в 9 км от КАЭС (Е-9) в сравнении с фоновыми ельником зеленомошным (Е-фон) и сосняком лишайниково-кустарничково-зеленомошным (С-фон) (рис. 6.17). Беспозвоночных учитывали почвенными ловушками с формалином на протяжении июня (30 суток, I срок) и июля–августа (60 суток, II срок). В качестве ловушек использовали пластиковые стаканы объемом 500 мл, которые вкапывали в почву на всю высоту до верхней кромки. Повторность на каждом участке была 20-ти кратной: 2 линии по 10 ловушек с расстоянием между линиями и ловушками по 10 м. Объем работы на каждом участке составил по 650 ловушко-суток в I срок и по 1280 лов.-сут. во II срок, общее количество учтенных беспозвоночных – 23 690 экз. В лабораторных условиях содержимое ловушек разбирали вручную, число особей пересчитывали в экз. на 100 ловушко-суток (показатель динамической плотности).

Результаты исследований. За летний сезон были выявлены беспозвоночные 31 таксономической категории (ранга семейств и отрядов) – черви, моллюски, многоножки, паукообразные и насекомые – при сопоставимом для всех участков числе таксонов в июне (13–17) и повышенном разнообразии (18–25 таксонов) в более теплый период июля-августа (рис. 6.18).

Общими на всех участках были типичные для северотаежной фауны хищные пауки, сенокосцы, многоножки-костянки, муравьи и прочие перепончатокрылые, жуки стафилиниды, жужелицы и мягкотелки; растительноядные жуки щелкуны и долгоносики, ложногусеницы пилильщиков, клопы, цикадки; сапрофитофаги

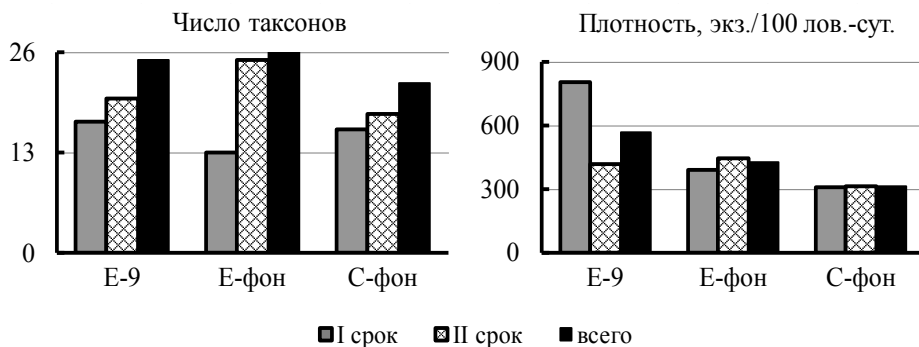


Рис. 6.18. Число таксонов и динамическая плотность почвенной фауны на исследованных участках в вегетационный сезон 2015 г. Обозначение участков – как на рис. 6.17

моллюски и тараканы; личинки двукрылых. Представители остальных таксонов единично встречались в ловушках на разных участках (табл. 6.8).

Число беспозвоночных, отловленных на трех участках, составило 9673 экз. в первый срок и 14016 экз. во второй срок, наибольшая их доля была учтена на участке Е-9 (табл. 6.8). Высокая динамическая плотность беспозвоночных вблизи КАЭС на протяжении всего вегетационного сезона определялась достоверно большей плотностью влаголюбивых муравьев (коэффициент корреляции $r = 1.00$) и жуков стафилинид ($r = 0.99$), а в июне – еще и пауков (рис. 6.19).

Муравьи, пауки и жесткокрылые доминировали весь сезон на всех участках (рис. 6.20). На долю супердоминантов-муравьев, представленных в ловушках тысячами экземпляров, приходилось 81-93% от общего числа беспозвоночных в I срок и 78-87% во II срок. Доля пауков в ельниках составляла 3-5%, а в сосняке в оба срока была выше – 10-14%, как и их динамическая плотность (рис. 6.20).

Стафилиниды преобладали среди жесткокрылых только в ельниках, особенно в окрестностях КАЭС (78-89%), где в каждый из сроков было отловлено 200-300 экз. (рис. 6.20). В контрольном ельнике Е-фон стафилиниды делили доминирование с жужелицами: 27 и 55% в июне и 56 и 16% в июле-августе. В сосняке С-фон на фоне наименьшего разнообразия жуков разных семейств в сравнении с ельниками, весь сезон преобладали долгоносики: 72-73%. Во второй, более теплый срок отбора, имаго долгоносиков массово встречались и в ельниках. В этот же срок на всех участках относительно обильными, исчислявшимися в ловушках десятками особей, были сосущие фитофаги цикадки, подстилочные сапрофитофаги моллюски (слизень *Arion subfuscus* и характерный для хвойно-мелколиственных лесов раковинный моллюск *Zoogenetes harpa*), многовидовая группа перепончатокрылых, хищные жуки мягкотелки, а в ельниках – еще и сенокосцы.

За исключением дендрофильных вредителей – жуков долгоносиков, обилие которых на исследованных лесных участках было связано со старовозрастными древостоями, типичные представители растительного комплекса лесной подстилки – тли, листоблошки, сенокосцы, лесные тараканы, гусеницы чешуекрылых и ложногусеницы

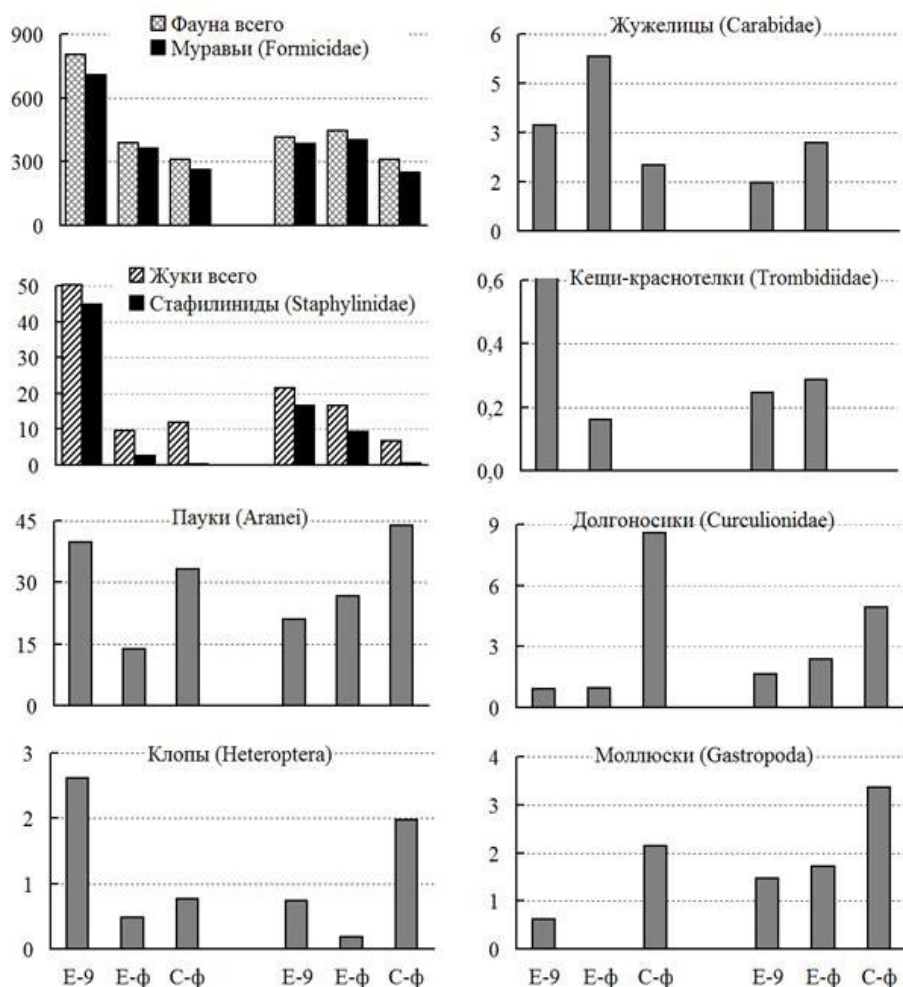


Рис. 6.19. Представители почвенной фауны, для которых выражены различия в динамической плотности (экз./100 лов.-сут.) между участками в июне (левая часть графиков) и июле-августе (правая часть). Обозначение участков – как на рис. 6.17

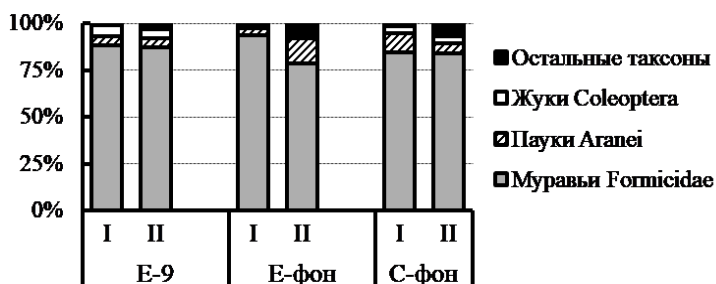


Рис. 6.20. Соотношение доминирующих таксонов беспозвоночных на удалении 9 и более 100 км от КАЭС в разные сроки вегетационного сезона 2015 г. Обозначение сроков и участков – как и на рис. 6.17

Таблица 6.8. Таксономический состав и основные показатели фауны беспозвоночных в лесной подстилке исследованных участков

Беспозвоночные	Е-9		Е-фон		С-фон		
	I	II	I	II	I	II	
Муравьи (<i>Formicidae</i>)	709	384	364	404	262	251	
Пауки (<i>Aranei</i>)	40	21	14	27	33	44	
Стафилиниды (<i>Staphylinidae</i>)	45	17	3	9	<1	<1	
Долгоносики (<i>Curculionidae</i>)	1	2	1	2	9	5	
Жужелицы (<i>Carabidae</i>)	3	2	5	3	2	–	
Клопы (<i>Heteroptera</i>)	3	<1	1	<1	<1	2	
Цикадки (<i>Cicadoidea</i>)	<1	2	<1	3	<1	1	
Моллюски (<i>Gastropoda</i>)	1	2	–	2	2	3	
Перепончатокрылые (<i>Hymenoptera</i>)*	<1	2	–	3	<1	3	
Мягкотелки (<i>Cantharidae</i>)	<1	1	–	1	<1	1	
Многоножки (<i>Litobiidae</i>)	<1	–	–	<1	<1	<1	
Щелкуны (<i>Elateridae</i>)	<1	–	1	–	<1	<1	
Тараканы (<i>Blattoptera</i>)	<1	–	–	<1	–	<1	
Клещи-краснотелки (<i>Trombidiidae</i>)	1	<1	<1	<1	–	–	
Сенокосцы (<i>Opiliones</i>)	–	6	–	7	–	<1	
Чернотелки (<i>Tenebrionidae</i>)	–	<1	<1	<1	–	<1	
Двукрылые (<i>Diptera</i>), личинки	–	1	<1	<1	<1	–	
Листоблошки (<i>Psyllinea</i>)	–	<1	–	<1	–	<1	
Пилильщики (<i>Pamphiliidae</i>)	–	<1	–	<1	–	<1	
Тли (<i>Aphidinea</i>)	–	<1	–	<1	–	–	
Сеноеды (<i>Psocoptera</i>)	–	<1	–	–	–	<1	
Чешуекрылые (<i>Lepidoptera</i>)	–	<1	–	–	<1	–	
Пилюльщики (<i>Byrrhidae</i>)	<1	–	–	–	<1	–	
Дождевые черви (<i>Lumbricidae</i>)	–	–	<1	<1	–	–	
Червецы (<i>Coccinea</i>)	–	–	<1	–	–	–	
Мертвоеды (<i>Silphidae</i>)	–	–	–	<1	–	<1	
Энхитреиды (<i>Enchytraeidae</i>)	–	–	–	<1	–	–	
Божьи коровки (<i>Coccinellidae</i>)	–	–	–	<1	–	–	
Короеды (<i>Scolytidae</i>)	–	–	–	<1	–	–	
Блохи (<i>Siphonaptera</i>)	–	–	–	<1	–	–	
Шмели (<i>Aphididae</i>)	–	–	–	–	<1	–	
Всего:	экземпляров	5234	5366	2413	4848	2026	3802
	экз./100 лов.-сут.	804	417	390	444	311	312
	% от общей плотности	22	23	10	20	9	16
	таксонов	16	19	13	25	16	18
		22		27		24	

Примечание: таксоны приведены в порядке убывания плотности.

*Перепончатокрылые указаны без муравьев и пилильщиков. Прочерк – таксоны не выявлены. Обозначение участков и сроков – как и на рис. 6.17.

пилильчиков, имаго и личинки жуков короедов, пилюльчиков и щелкунов – были отмечены в уловах единично, что свидетельствовало о низкой активности этой трофической группы в летний сезон 2015 г. Несмотря на малочисленность перечисленных групп насекомых-фитофагов, их попадание в ловушки носило явный сезонный характер (табл. 6.8).

Также единично в ловушках встречались ключевые группы подстилочных сапрофагов, участвующие в биотрансформации растительного опада в северотаежных лесах, – дождевые черви, энхитреиды, крупные личинки комаров-типулид (табл. 6.8). Малочисленность дождевых червей, энхитреид и личинок типулид как в окрестностях КАЭС, так и в лесах условно-фоновых территорий не позволяет сделать вывод о негативном влиянии деятельности электростанции на популяции этих животных. Более вероятными причинами низкой плотности дождевых червей могут быть естественные свойства лесной подстилки на исследованных участках – повышенная влажность и кислотность. Дождевые черви, способные дышать только через кожные покровы, в переувлажненных субстратах испытывают недостаток кислорода, а физиологическая потребность в кальции ограничивает их распространение в кислых почвах. Индикаторами этих свойств подстилки являются и хищные многоножки-костянки, представленные в лесах Мурманской области массовым видом *Lithobius curtipes*. Как и все многоножки, костянки имеют хорошо развитую дыхательную систему трахейного типа, позволяющую им переносить затопление, однако из-за особенностей строения кожных покровов и несовершенной осморегуляции они избегают переувлажненных почв. Будучи кальцефильными животными, как и дождевые черви, костянки не обитают в подстилках с повышенной кислотностью. В лесной зоне Мурманской области оптимальной для червей и многоножек является рН водной вытяжки 5-6 единиц. В почве исследованных участков величина рН почвенного раствора не превышала 4 единиц, составив в среднем 3.96 в окрестностях КАЭС и 3.67–3.77 в лесах фоновых территорий [Маслобоев и др., 2010].

Влаголюбивые муравьи, пауки и жуки стафилиниды, доминирующие на исследованных участках, напротив, являются биоиндикаторами повышенной влажности почвы, и максимальная плотность муравьев и стафилинид в ельнике Е-9 отражает более гидроморфные условия обитания в окрестностях КАЭС. Обобщая результаты почвенно-зоологического обследования лесов в 9 км зоне от КАЭС и в лесах на фоновой территории, можно заключить, что различия в структуре почвенного населения (таксономическом составе, динамической плотности и относительном обилии) связаны с природными особенностями лесных подстилок (влажностью, кислотностью и мощностью) и не свидетельствуют о негативном влиянии КАЭС на почвенные экосистемы. Ряд различий в фауне лесных подстилок определяется преобладающей лесообразующей породой (ель, сосна). Для насекомых-фитофагов и хищных беспозвоночных с коротким (однолетним) жизненным циклом первостепенным является фактор сезонности, проявившийся на всех исследованных участках в повышении их динамической плотности во второй половине лета.

Глава 7

Анализ состояния наземных экосистем

7.1. Общая характеристика лесов

Леса Мурманской области почти целиком произрастают за Полярным кругом и находятся на северном пределе распространения. Суровость климатических и лесорастительных условий, бедность и недостаточное прогревание почв обуславливают невысокую продуктивность лесов. Район расположения КАЭС по почвенно-климатическим факторам можно отнести к центральным районам Мурманской области, и поэтому характеристика лесного фонда почти по всем показателям здесь близка к среднеобластным. Леса 30-км зоны вокруг КАЭС относятся к северной тайге и включают территории лесного фонда Зашейковского, Кандалакшского, Мончегорского, и Кировского лесничеств, Лапландского заповедника, город Полярные Зори с подведомственной территорией и земли иного специального назначения. В 15-км зону вокруг КАЭС входит территория станции, часть территории Зашейковского, Кандалакшского лесничеств, город Полярные Зори с подведомственной территорией (рис. 7.1, табл. 7.1, 7.2).

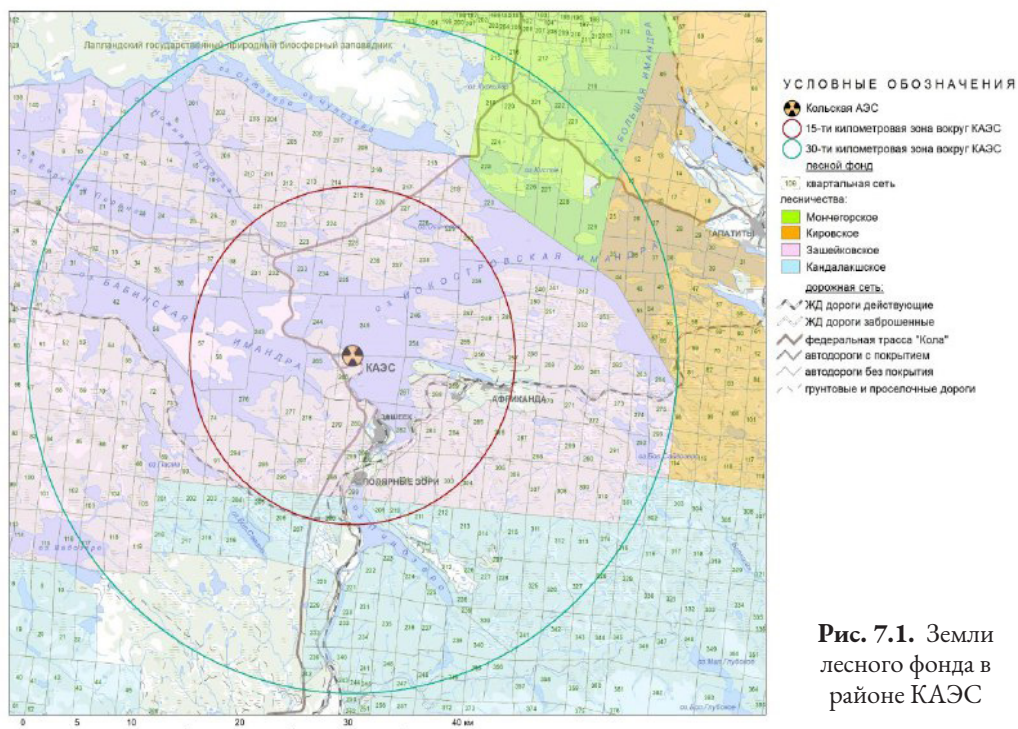


Рис. 7.1. Земли лесного фонда в районе КАЭС

Таблица 7.1. Распределение территории, расположенной в 30-км и 15-км зонах вокруг КАЭС

Принадлежность территории	Площадь, га	Площадь, %
30-км зона вокруг КАЭС		
Зашейковское участковое лесничество	171595.94	61
Кандалакшское участковое лесничество	42754.34	15
Мончегорское участковое лесничество	15472.67	5
Кировское участковое лесничество	6556.19	2
Лапландский государственный природный биосферный заповедник	21355.25	8
Земли иного специального назначения и прочее	24865.61	9
ИТОГО:	282600.00	100
15-км зона вокруг КАЭС		
Зашейковское участковое лесничество	64104.88	91
Кандалакшское участковое лесничество	2161.80	3
Прочее	4383.32	6
ИТОГО:	70650.00	100

Последнее лесоустройство ФГУП «Севзаплеспроект» на исследуемой территории было проведено: в Зашейковском лесничестве в 1999-2000 гг.; в Мончегорском – в 2001-2002 гг.; Кандалакшском – в 2000 г.; Кировском – в 2002 г.; на территории Лапландского государственного природного биосферного заповедника – в 1989-1990 гг. Подробная характеристика таксационных показателей, лесного фонда, лесосырьевая обеспеченность территории в 15-ти и 30-км зоне вокруг КАЭС на основе материалов лесоустройства была изложена в предыдущем издании книги [Маслобоев и др., 2010].

Современный состав древостоев в районе расположения КАЭС, как и в других центральных районах Мурманской области, сформировался в результате интенсивных рубок главного пользования в основном сосновых лесов, или с примесью березы, проводимых до 1990-х гг. Формирование производных, или вторичных древостоев произошло в основном за счет сохраненного при рубке леса подроста и молодняка, находящихся под пологом древостоев, подлежащих вырубке и последующего возобновления хвойных и лиственных деревьев. На территории, окружающей КАЭС радиусом 30 км, первичные коренные леса сохранились в основном только на территории Лапландского заповедника. Отдельные, нетронутые сплошной рубкой, участки леса в этой зоне имеют небольшие площади. В настоящее время лесозаготовительные работы в 30-км зоне вокруг КАЭС не ведутся, кроме проведения санитарных выборочных рубок на территории заповедника. Сплошные рубки (в объеме 5100 м³/год), которые выполняет ООО «Арктик Вуд» на территории Ковдорского участкового лесничества Зашейковского лесничества, не входят в 30-км зону вокруг КАЭС.

Таблица 7.2. Распределение кварталов участковых лесничеств и Лапландского заповедника, входящих в 15- и 30-км зоны вокруг КАЭС

№№ кварталов	Количество кварталов
30-км зона вокруг КАЭС	
Зашейковское участковое лесничество	
полностью входящих: 4-6, 11-16, 20-27, 30-38, 41-42, 51-58, 67-74, 84-91, 102-105, 118-119, 201-292, 294-310;	полностью входящих: 167
частично входящих: 3, 10, 50, 83, 101, 116, 117, 293	частично входящих: 3
Кандалакшское участковое лесничество	
полностью входящих: 201-246, 301, 311-314, 325-326, 339-340;	полностью входящих: 46
частично входящих: 247, 248, 249, 315, 327, 328, 341, 342, 355	частично входящих: 9
Мончегорское участковое лесничество	
полностью входящих: 219-222; 224-229	полностью входящих: 10
частично входящих: 215, 216, 223	частично входящих: 3
Кировское участковое лесничество	
полностью входящих: 25-26, 35-36, 44-45, 53, 67	полностью входящих: 8
частично входящих: 15, 27, 37, 46, 54, 55, 68, 80	частично входящих: 8
Лапландский государственный природный биосферный заповедник	
полностью входящих: 131-137, 144-150	полностью входящих: 14
частично входящих: 128, 129, 130, 138	частично входящих: 4
15-км зона вокруг КАЭС	
Зашейковское участковое лесничество	
полностью входящих: 38, 57, 58, 74, 222-227, 231-238, 243-248, 265-269, 276-285, 294-302;	полностью входящих: 48
частично входящих: 27, 37, 73, 91, 221, 213, 214, 215, 228, 229, 230, 239, 249, 257, 286, 294, 304, 303	частично входящих: 18
Кандалакшское участковое лесничество	
полностью входящих: -	полностью входящих: -
частично входящих: 205-211	частично входящих: 7

Преобладают мелколиственно-хвойные леса из сосны, ели и березы. Чистые насаждения образует сосна. Среди еловых лесов наиболее распространены леса зеленомошной группы, лишайниковые типы наиболее типичны среди сосняков. Древостои характеризуются незначительной высотой (12–16 м), участием в них березы (до 50%), V и Va классами бонитета, небольшим количеством подроста и подлеска. Хорошая освещенность нижних ярусов создается за счет как узких крон деревьев, так и редкостойности самих насаждений. В этих лесах имеют место ветровалы, еще более обычны буреломы. Характерной чертой лесов является хорошо развитый напочвенный покров, сложенный ягодными кустарничками, мхами и лишайниками.



Рис. 7.2. Ржавчина хвой ели.
Фото Л. Исаевой

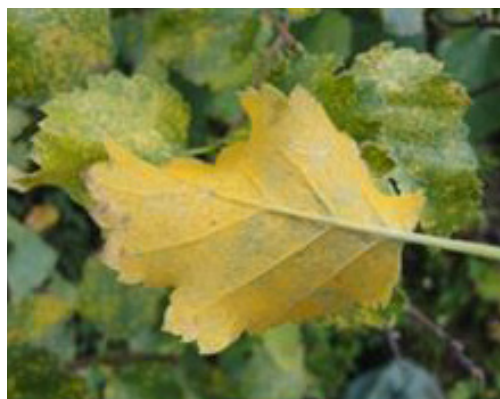


Рис. 7.3. Ржавчина листьев березы.
Фото Л. Исаевой

Леса вблизи КАЭС отличаются повышенной пожарной опасностью (3 балл пожарной опасности по пятибалльной шкале). Первый балл наиболее высокой горимости у более чем 20 % лесных массивов, это хвойные молодняки лишайниковых, вересковых, брусничных и других сухих типов леса, где пожар может быстро распространяться и приносить наибольший вред. Лесные пожары играют значимую роль в формировании современного состава и структуры лесных экосистем. По данным Зашейковского лесничества за 2011–2019 гг. в 30-км зоне вокруг КАЭС возникло 32 лесных пожара на 105 га лесной и примерно 8 га не лесной площади (табл. 7.3). Основная причина возникновения пожаров – человеческий фактор (рыбаки, туристы, отдыхающие, местное население).

Основную часть нелесных земель на исследуемой территории, занимают озера, входящие в квартальную сеть лесного фонда, а также небольшая доля болот.

7.2. Состояние лесных экосистем и влияние Кольской АЭС

Лесопатологическое состояние. С целью оценки состояния лесов, выявления площадей, где есть заражение вредителями и болезнями, и определения лесозащитных мероприятий проводят их лесопатологическое обследование, чаще всего в рамках лесоустроительных работ, как правило, через каждые 10 лет, при необходимости чаще. В течение последних 20 лет в Мурманской области повсеместно, включая 30-км зону вокруг КАЭС, отмечается массовое проявление болезней древесно-кустарниковых пород, вызываемых ржавчинными грибами: ржавчина хвой ели (возбудитель *Chrysomixa abietis* (Wallr.) Unger (рис. 7.2), ржавчина листьев березы (возбудитель *Melampsorium betulinum* (Pers.) Kleb.) (рис. 7.3) [Исаева, 2018]. В результате повреждения хвои ржавчинными грибами в некоторых случаях происходит отмирание растущей почки, что приводит к сокращению роста отдельных ветвей и многовершинности. Болезнь ржавчина листьев березы приводит к преждевременному опадению листвы и ослаблению деревьев. Массовый характер проявления вышеперечисленных болезней связан, вероятно, с изменениями климата.

Таблица 7.3. Площадь лесных пожаров в 30-км зоне вокруг КАЭС по Зашейковскому участковому лесничеству за 2011–2019 гг.

Год пожара	Квартал	Площадь, га		Состояние насаждений
		лесная	не лесная	
2011	280	7.0	3.0	не переведены в гарь
	299	0.3		не переведены в гарь
2012	266	0.12		не переведены в гарь
	73	1.5		не переведены в гарь
2013	266		0.1	
	299	1.5	0.2	не переведены в гарь
	32	0.3		не переведены в гарь
	285	0.3		не переведены в гарь
	24	5.5		не обследованы
	298	0.1		не переведены в гарь
	219	8.0		переведены в гарь в 2017 г.
	219	7.0		переведены в гарь в 2015 г.
	41	1.3		не переведены в гарь
	117	1.0		не переведены в гарь
	2014	219		0.01
41		3.2		не обследованы
2015	52	5.2	1.0	4.8 га переведены в гарь в 2016 г.
	243	0.46	0.2	не переведены в гарь
2016	0	0	0	0
2017	36, 35	6.9		не переведены в гарь
	55	24.1		не переведены в гарь
	281		0.2	
	233	2.4		не переведены в гарь
	243		0.05	
	223, 224	1.7		не переведены в гарь
	32	7.9	1.0	не переведены в гарь
	224	1.0		не переведены в гарь
2018	299	11.5	1.8	11.5 га переведены в гарь в 2019 г.
	33	0.3		не переведены в гарь
	234	2.6		не обследованы
	233, 234	1.7		не обследованы
	228	0.15	0.15	не обследованы
	2019	225	1.9	
Всего		104.93	7.71	

Сотрудниками отдела охраны Лапландского заповедника в 2019 г. было выполнено лесопатологическое обследование древостоев «с нарушенной устойчивостью в результате шквалистого ураганного ветра прошлых лет» в районе расположения кордона «Нижняя Чуна» на площади 1.0 га в квартале 150 (выдел 15), входящего в 30-км цзону вокруг КАЭС. В результате лесопатологического обследования древостой были назначены в санитарно-выборочную рубку с интенсивностью 54% от общего запаса на выделе.

При лесопатологическом обследовании насаждений Зашейковского лесхоза (в настоящее время Зашейковского лесничества) в 1992-1993 гг. специализированным лесоустроительным предприятием в кварталах в зоне действия КАЭС были обнаружены характерные для северной тайги болезни: рак-серянка, вызываемой грибом *Cronartium pini* (Willd.) Jørst., и снежное шютте (возбудитель *Phacidium infestans* Karst.). Выявлен был очаг березовой пяденицы в кварталах 234, 238. Ввиду малой представленности еловых древостоев перестойного возраста, болезни, приводящие их к стволовой и корневой гнили, не имели большого распространения. В 2019 г. в 15-км зоне вокруг КАЭС Зашейковским лесничеством проведено лесопатологическое обследование соснового леса, пройденного устойчивым низовым пожаром 2-3-летней давности в квартале 299, выделах 2-5, на общей площади 10.4 гектара. В насаждении от 4 до 8% сосен были заселены большим сосновым лубоедом (*Blastophagus piniperda*), многие имели ожог ствола. Деревья были назначены в рубку.

Анализ таксационных показателей лесных насаждений, входящих в 15- и 30-км зоны вокруг КАЭС, полученных при последнем лесоустройстве, проведенном ФГУП «Севзаплеспроект» в 1999-2000 гг., не выявил отклонений в общем состоянии лесов. Средние показатели древостоев по их современной оценке соответствуют среднеобластным показателям по параметрам: бонитет, полнота, средний запас древесины в насаждениях, общая продуктивность древесной массы.

Влияние воздушного промышленного загрязнения по данным различных исследований, проявляется в основном в северной части 30-км зоны. На территории Лапландского заповедника и в его охранной зоне лесопатологическим обследованием, проведенным специализированным лесоустроительным предприятием в 1990-91 гг., выявлено 9.1 тыс. га (преобладают насаждения категорий «сильно ослабленные» и «усыхающие»), поврежденных промышленными выбросами комбината «Североникель», в настоящее время усыхание древостоев продолжается. По Мончегорскому участковому лесничеству в кварталах 215, 216, 220, 221, 222, 223, 228 и 229 древостой поврежден промышленными выбросами комбината «Североникель», степень повреждения от ослабления роста до полного засыхания [Проект..., 2001-2002].

Снижение количества выбросов загрязняющих веществ комбинатом «Североникель» в течение последних двух десятилетий не вызвало существенных положительных изменений в микроэлементном составе хвои ели даже на расстоянии более 60 км от источника выбросов. Отмеченное превышение фоновых концентраций серы, никеля и меди в хвое ели в ельнике кустарничково-зеленомошном,

расположенном на расстоянии 9 км (Е-9) от КАЭС и более 60 км на ЮЗ от комбината «Североникель», объясняется влиянием промышленных выбросов медно-никелевого производства [Сухарева, 2013; 2018; 2019].

В целом, по таксационным характеристикам на площадках постоянного наблюдения в 30-км зоне вокруг КАЭС нет отклонений в общем состоянии лесов. Техногенных пустошей или отдельных очагов разрушений лесных экосистем, связанных с влиянием промышленных предприятий, в 15-км и 30-км зонах вокруг КАЭС не обнаружено.

Радиационная обстановка. Лес – одна из наиболее чувствительных к ионизирующей радиации природных экосистем. Особенно неустойчивы к ионизирующей радиации хвойные леса. Ранние признаки радиационного повреждения хвойных пород обнаруживаются уже при дозах 2–3 Гр (грей – единица поглощённой дозы ионизирующего излучения, соответствует энергии в 1 Дж, поглощённой 1 кг ткани). Лиственные леса более устойчивы к облучению, чем хвойные [Лесная ..., 1986]. Устойчивость к облучению повышается в ряду: деревья – кустарники – полукустарники – травы [Алексахин, Нарышкин, 1977]. Известно, что небольшие дозы ионизирующих излучений оказывают стимулирующее действие на растения (облучение семян древесных растений применяют для ускорения их роста и развития), более высокие – мутагенное [Тихомиров, 1972]. Самоочищение надземных частей деревьев от радиоактивных веществ происходит медленнее в хвойных лесах, так как «фильтр» из хвои действует круглогодично, чем в лиственных, где важное значение имеет листопад. Как правило, лиственные деревья накапливают существенно больше радионуклидов, чем хвойные. Повышенные концентрации радиоактивных веществ характерны для лесной подстилки, верхних горизонтов почвы, зелёных частей древесных и травянистых растений [Алексахин, Нарышкин, 1977]. Концентрация радионуклидов в древесине, как правило, незначительна [Алексахин, 1963]. С пищевыми продуктами из леса (грибы, ягоды и т. д.) радионуклиды могут поступать в организм человека.

В 15- и в 30-км зоне вокруг КАЭС наблюдали накопление и величины удельных активностей ^{137}Cs в различных частях черники (ветви, листья, ягоды) хвое сосны, лишайниках р. *Cladonia* и в листьях березы, которые не превышали предельно допустимую концентрацию [Кизеев, 2016; Кизеев и др., 2016; 2017; 2018; Кизеев, Силкин, 2017]. Удельная активность ^{137}Cs в хвое сосны обыкновенной в среднем находилась в пределах от 7 до 34, а в листьях черники – от 13 до 165 Бк/кг. Установлено, что с увеличением площади листовой пластинки черники увеличивалось и содержание ^{137}Cs в них.

Максимальные значения α - и β -активности в хвое сосны были зарегистрированы в районе реки Пиренга, что связано со значительным содержанием в ней радионуклидов природного и техногенного происхождения (^{40}K , ^{226}Ra и ^{137}Cs и др.), поступающих в хвою как из атмосферных выпадений так и из почвы и подстилающей породы. Отмечено, что содержание естественных радионуклидов в хвое ели и сосны незначительно, наибольшее количество их содержится в хвое ели сибирской, а наименьшее – в хвое сосны обыкновенной, техногенные радионуклиды практически отсутствуют.

Несмотря на значительную вариабельность, величины суммарной удельной радиоактивности не выходили за пределы природного фона [Никанов и др., 2017].

Таким образом, в настоящее время не выявлено существенных изменений в радиационной и лесопатологической обстановке северотаежных лесов, экологическое состояние их в 30-км зоне вокруг КАЭС соответствует естественным природным процессам и близко к состоянию лесов, расположенных в других, относительно чистых районах Мурманской области.

7.3. Анализ загрязнения растительного покрова

Для характеристики условий произрастания растений и оценки состояния растительных сообществ широкое распространение получила листовая диагностика. Сведения о содержании химических элементов в фотосинтезирующих органах имеет высокое индикационное значение для оценки негативных воздействий на экосистемы и используется для мониторинга состояния фитоценозов. Степень пространственных изменений концентраций элементов, поступающих из антропогенных или естественных источников, может быть выявлена путем сравнения с эталонными районами или с фоновыми значениями. Анализы растений показывают доступность элементов почвы и являются показателем условий произрастания.

В 2018–2019 гг. на стационарных пробных площадках (С-фон, Е-фон, С-11, Е-9) одновременно с почвенными образцами отобраны листья (хвоя) доминирующих видов растений и талломы лишайников. Объектами исследования послужили: сосна, ель, берёза, черника, брусника, голубика, вороника, луговик извилистый, зелёный мох плевроциум и напочвенный лишайник кладония звездчатая. Состав растительных сообществ на пробных площадках приведен в Приложении 12.

Хвою ели и сосны отбирали из верхней трети кроны в 5-кратной повторности. Образцы растений напочвенного покрова и лишайников собраны в межкрупных пространствах в 3-кратной повторности в конце вегетационного периода (августе). В лаборатории хвоя ели и сосны разбирались на возрастные классы, листья брусники и вороники – на текущие и многолетние, зеленые мхи – на текущий прирост и многолетнюю часть. В работе представлены данные по хвое (листьям) текущего года. Пробы высушивались при комнатной температуре и размалывались.

В лаборатории растительные образцы были очищены от примесей с помощью пинцета, высушены при комнатной температуре и размолоты. Химико-аналитические исследования растительных проб проведены в Центре коллективного пользования физико-химических методов анализа ИППЭС КНЦ РАН. Содержание тяжёлых металлов (ТМ) в растительных образцах определяли после разложения концентрированной азотной кислотой (мокрое озоление), концентрации металлов (Fe, Cu, Ni, Co, Cd, Pb) – методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Растительные образцы перед анализом не отмывали.

Для оценки различий и вариабельности химического состава растений лишайников проводилась оценка средних значений и стандартной ошибки с применением метода описательной статистики.

Таблица 7.4. Содержание радионуклидов в растениях, Бк/кг

Показатель	Образец	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Удельная активность радионуклида ^{137}Cs	Хвоя ели	4.2	2.7	1.7	2.2	2.6	5.4	8.5	3.0	1.3
	Хвоя сосны	1.7	3.1	2.0	1.6	2.3	4.0	2.9	4.5	1.0
	Трава	0.4	1.1	1.2	0.7	2.1	5.4	1.4	1.3	0.7
	Лишайники	5.8	7.7	15.4	4.0	4.1	8.3	3.2	7.2	1.3
Удельная активность радионуклида ^{90}Sr	Хвоя ели	7.5	7.0	11.9	8.1	7.3	14.7	5.4	11.8	5.2
	Хвоя сосны	2.1	2.0	3.2	2.9	1.6	4.5	4.0	5.2	1.9
	Трава	4.4	2.4	4.8	2.9	3.2	6.8	4.3	4.4	2.1
	Лишайники	3.8	3.1	4.3	4.1	3.1	4.1	8.3	5.5	2.4

Примечание: ежегодно отобрано не менее 9 проб для каждого вида растения (лишайника)

Результаты исследований

Содержание радионуклидов в хвое ели и сосны, траве, лишайниках, дикорастущем пищевом сырье (ягоды, грибы) обобщены по данным ежегодных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области [2012–2019] (табл. 7.4, 7.5).

Значения активности радионуклидов в исследуемых дикорастущих растениях, лишайниках существующими нормативными документами не регламентированы, поэтому ориентировочным уровнем являются фоновые значения. Содержание техногенных радионуклидов в хвое ели и сосны, траве, лишайниках в районе расположения КАЭС по данным многолетних исследований находились на фоновом уровне. Наибольшее значение удельной активности радионуклида ^{137}Cs наблюдается в лишайниках, а самая высокая удельная активность ^{90}Sr – в хвое ели.

За исследуемый период отмечаются колебания удельной активности радионуклидов в растениях и лишайниках, которые не превышают уровня средних многолетних величин природного радиационного фона.

В пределах 15-км зоны расположения КАЭС удельная активность ^{137}Cs на ППН С-11 составила в хвое сосны – 23, в листьях черники – 165, лишайнике – 72 Бк/кг, а на ППН Е-9 – 23, 51 и 29 Бк/кг соответственно, что не превышает нормативных показателей содержания радионуклида в лекарственных растениях – 400 Бк/кг [Кизев и др., 2018].

Содержание тяжёлых металлов в органах растений и талломах лишайников. При техногенном воздействии загрязнение растений ТМ происходит за счет поверхностного загрязнения, а также листового и почвенного поглощения. Корневая система препятствует поступлению в растения избытка ТМ. Способность корневой системы растений задерживать избыточные ионы обусловлена совокупным действием морфологических структур и химических реакций неспецифической природы, к которым относится поясок Каспари, обменная емкость корней, многочисленные органические соединения, формирующие с ТМ малоподвижные соединения, вакуолярные депо [Ильин, 1991]. Они способствуют или механической задержке рассеянных элементов, или их адсорбции на стенках клеток, или уменьшению их подвижности,

Таблица 7.5. Содержание радионуклидов в ягодах, Бк/кг

Показатель	2011	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ДУ
Удельная активность радионуклида ^{137}Cs	5.7	10.4	-	-	22.3	6.0	-	-	160
Удельная активность радионуклида ^{90}Sr	<4.2	<4.2	-	-	4.2	2.9	-	-	-

Примечание: ежегодно отобрано ягод – не менее 5 проб.

или изоляции. В условиях воздушного промышленного воздействия загрязняющие вещества оседают также на поверхности надземных частей. Полагают, что внешнее загрязнение менее опасно для растений, чем то, которое осуществляется через корни. Однако внешнее загрязнение может вызывать сокращение притока солнечной энергии к фотосинтезирующим клеткам, закупорку устьиц и другие нарушения.

Многочисленные исследования, проведенные на территории Мурманской области показывают, что превышение фоновых концентрации ТМ в растениях и лишайниках фиксируются на значительной по площади территории, в том числе в 15-км зоне воздействия КАЭС (табл. 7.6, 7.7).

Таблица 7.6. Содержание ТМ в листьях растений и талломах лишайников в сосновых лесах в районе расположения КАЭС, мг кг⁻¹ абс. сухого вещества

Объект исследования	Fe	Cu	Ni	Pb	Cd	Co
С-фон						
Сосна	30±4	3.7±0.3	2.5±0.2	0.015±0.004	0.031±0.006	0.041±0.006
Берёза	53±2	4.8±0.2	4.0±0.6	0.043±0.006	0.119±0.009	0.093±0.029
Черника	46±2	6.2±0.2	1.6±0.1	0.016±0.002	0.003±0.000	0.001±0.000
Брусника	25±1	4.9±0.2	0.9±0.1	0.015±0.002	0.001±0.000	0.001±0.000
Вороника	31±4	7.6±0.5	2.9±0.8	0.029±0.009	0.001±0.000	0.011±0.005
Зелёные мхи	55±7	5.3±0.2	2.2±0.9	0.639±0.087	0.050±0.002	0.105±0.000
Лишайники	130±9	1.1±0.1	1.8±0.2	0.587±0.039	0.030±0.001	0.083±0.007
С-11						
Сосна	41±3	4.7±0.3	11.5±0.9	0.024±0.005	0.043±0.006	0.103±0.014
Берёза	44±1	5.0±0.2	10.8±0.6	0.052±0.002	0.067±0.011	0.105±0.011
Черника	41±3	5.9±0.2	6.6±0.6	0.024±0.002	0.002±0.000	0.001±0.000
Брусника	30±1	5.3±0.1	7.8±0.5	0.033±0.005	0.004±0.000	0.011±0.005
Вороника	24±1	6.1±0.1	10.5±0.7	0.026±0.004	0.001±0.000	0.001±0.000
Зелёные мхи	107±8	16.2±0.3	17.7±1.0	0.860±0.094	0.074±0.011	0.490±0.060
Лишайники	140±22	7.0±0.3	12.5±0.3	0.574±0.057	0.027±0.004	0.329±0.014

Примечание: здесь и в табл. 7.7 приведены средние арифметические (±стандартная ошибка)

Таблица 7.7. Содержание ТМ в листьях растений и талломах лишайников в еловых лесах в районе расположения КАЭС, мг кг⁻¹абс. сухого вещества

Объект исследования	Fe	Cu	Ni	Pb	Cd	Co
Е-фон						
Ель	22±1	2.6±0.1	3.6±0.6	0.006±0.002	0.019±0.004	0.018±0.008
Берёза	39±1	4.3±0.1	3.0±0.3	0.258±0.018	0.166±0.012	0.078±0.006
Черника	56±3	6.3±0.1	1.7±0.1	0.144±0.026	0.009±0.001	0.009±0.001
Брусника	21±1	3.8±0.2	1.6±0.1	0.066±0.017	0.003±0.001	0.003±0.001
Вороника	41±11	6.9±0.3	3.9±0.6	0.090±0.013	0.001±0.000	0.003±0.001
Голубика	70±3	4.8±0.1	2.2±0.4	0.055±0.017	0.158±0.006	0.001±0.000
Луговик	69±28	2.4±0.1	7.2±0.3	0.155±0.022	0.003±0.000	0.035±0.014
Зелёные мхи	70±3	5.4±0.3	3.2±0.3	0.684±0.078	0.059±0.004	0.125±0.008
Е-9						
Ель	28±1	2.2±0.2	9.8±0.6	0.025±0.012	0.005±0.001	0.032±0.015
Берёза	62±3	5.3±0.1	10.2±0.2	0.073±0.006	0.118±0.010	0.194±0.010
Черника	59±5	7.9±0.3	4.9±0.3	0.185±0.033	0.012±0.004	0.047±0.003
Брусника	34±1	6.1±0.1	3.2±0.2	0.111±0.007	0.004±0.001	0.020±0.007
Вороника	44±12	7.6±0.5	7.5±0.5	0.155±0.053	0.002±0.000	0.016±0.005
Голубика	45±4	4.0±0.1	4.5±0.5	0.038±0.008	0.305±0.074	0.040±0.006
Луговик	41±2	3.5±0.4	6.1±0.8	0.043±0.007	0.009±0.003	0.056±0.011
Зелёные мхи	84±3	20.3±1.1	14.7±1.1	0.961±0.090	0.078±0.005	0.364±0.047

Fe (железо)

Железо в растительном организме выполняет важную каталитическую функцию. Ферменты, содержащие железо, принимают участие в различных окислительно-восстановительных реакциях дыхания, фотосинтеза, азотфиксации и некоторых других [Ильин, 1985]. Но в условиях повышенного содержания железа в атмосферном воздухе и почве происходит накопление этого элемента в растениях. На обследованной территории самые высокие концентрации Fe отмечены в талломах лишайников. Максимальное содержание Fe, которое является сопоставимым с фоновыми значениями, выявлено в лишайниках на ППН С-11. В хвое ели и сосны, зелёных мхах превышение фоновых концентраций Fe отмечено на ППН Е-9 и С-11. Повышенное содержание Fe в листьях берёзы и брусники зафиксировано на ППН Е-9.

В листьях черники, брусники, голубики, луговика концентрации Fe не превышают фонового уровня.

Cu (медь)

Известно, что поступление меди в растение играет важную роль в процессах метаболизма. Медь является активатором отдельных ферментов и целых ферментных систем, связанных с окислительно-восстановительными реакциями клетки. Медь имеет меньшую подвижность в растениях по сравнению с другими элемен-

тами [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989]. Высокие концентрации меди токсичны для растений и вызывают переокисление липидов в мембранах хлоропластов, ингибирование переноса электронов при фотосинтезе, изменение проницаемости клеточных мембран [Парибок, 1983].

В лишайниках и зелёных мхах нами обнаружены самые высокие концентрации Cu на ППН Е-9 и С-11. Содержание Cu в зеленых мхах возрастает в 3-4 раза, лишайниках – в 6-7 раз по сравнению с фоном. На ППН С-11 отмечено незначительное увеличение концентрации Cu в хвое сосны. В листьях березы и кустарничков (черника, брусника, вороника) концентрации меди остаются на фоновом уровне. На ППН Е-9 содержания меди в листьях березы, черники и луговика возрастают, в листьях вороники и голубики – не превышают фоновых значений.

Ni (никель)

Никель у растений принимает участие в ряде ферментативных реакций: карбоксилирование, гидролиз пептидных связей и др. В избыточных концентрациях никель препятствует поступлению в растение других элементов питания, приводя к нарушению сбалансированности их элементного состава [Kukkola et al., 2000].

На ППН С-11 и Е-9 выявлено значительное накопление никеля во всех исследуемых растениях (за исключением луговика извилистого) и лишайниках по сравнению с фоновым уровнем. Наибольшее превышение фоновых концентраций наблюдается на ППН С-11. Концентрации Ni относительно фоновых значений возрастают в листьях брусники в 8-9 раз, в зелёных мхах и лишайниках – в 7-8 раз, в хвое сосны – в 4-5 раз, в листьях черники – в 4 раза, в листьях берёзы и вороники – в 3 раза. На ППН Е-9 концентрации Ni в зелёных мхах превышают фоновые значения в 5 раз, в хвое ели, листьях берёзы и черники – в 3 раза, в листьях брусники, вороники и голубики – в 2 раза.

Высокое накопление никеля в ассимилирующих органах растений и талломах лишайников свидетельствует о загрязнении воздуха и почвы его соединениями.

Pb (свинец)

Свинец является одним из наиболее токсичных элементов для растений. Высокие концентрации элемента нарушают обмен веществ, оказывают негативное влияние на фотосинтез, деление клеток, ингибируют ряд ферментов, снижают доступность фосфора, калия, кальция, железа и марганца [Парибок и др., 1981; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

На обследуемой территории в хвое ели концентрация Pb возрастает в 4 раза, в хвое сосны – в 1.6 раза относительно фоновых значений. Выявлено достоверное повышение содержания данного элемента на ППН С-11 в листьях черники, брусники и зелёных мхах, на ППН Е-9 – в зелёных мхах. Концентрации Pb в лишайниках сопоставимы с фоновыми.

Cd (кадмий)

Кадмий при поступлении в растительный организм приводит к нарушениям процессов фотосинтеза и транспирации, изменению активности ферментов, ингибированию синтеза белков, нуклеиновых кислот и др. [Илин, Сысо, 2001].

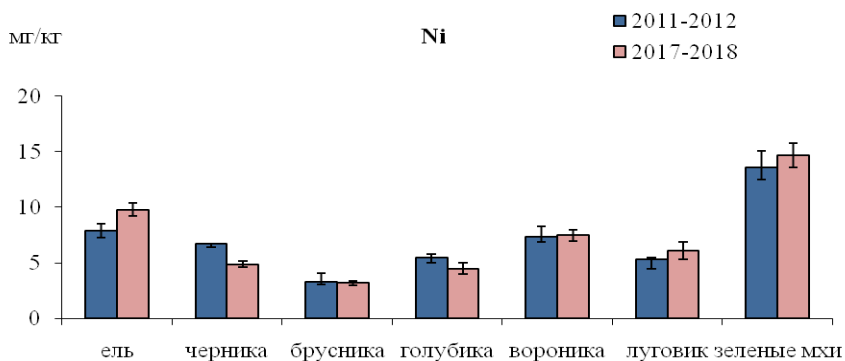
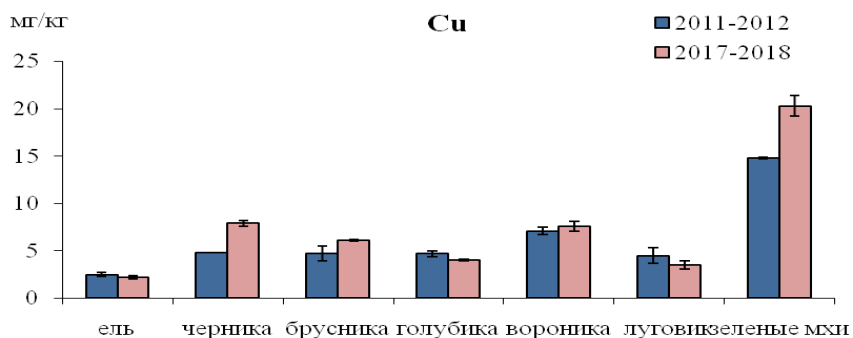
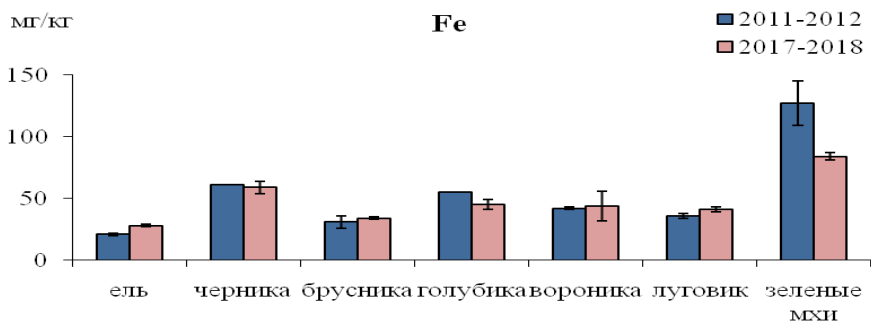


Рис. 7.4. Содержание Fe, Cu, Ni в листьях (хвое) растений на ППН Е-9 в разные периоды исследований (2011-2012 и 2017-2018 гг.)

Содержание Cd в зелёных мхах превышает фоновые значения на ППН С-11 и Е-9. Достоверное увеличение концентрации Cd на ППН С-11 наблюдается в листьях брусники, на ППН Е-9 – в листьях голубики, вороники и луговика. Концентрации Cd в хвое ели и сосны, а также лишайниках сопоставимы с фоновыми.

Со (кобальт)

Кобальт является активатором многих ферментов [Ильин, 1985]. Содержание Со во всех исследуемых растениях (за исключением черники и вороники на ППН С-11) и лишайниках возрастают относительно фона: в листьях голубики в 40 раз, в зелёных мхах

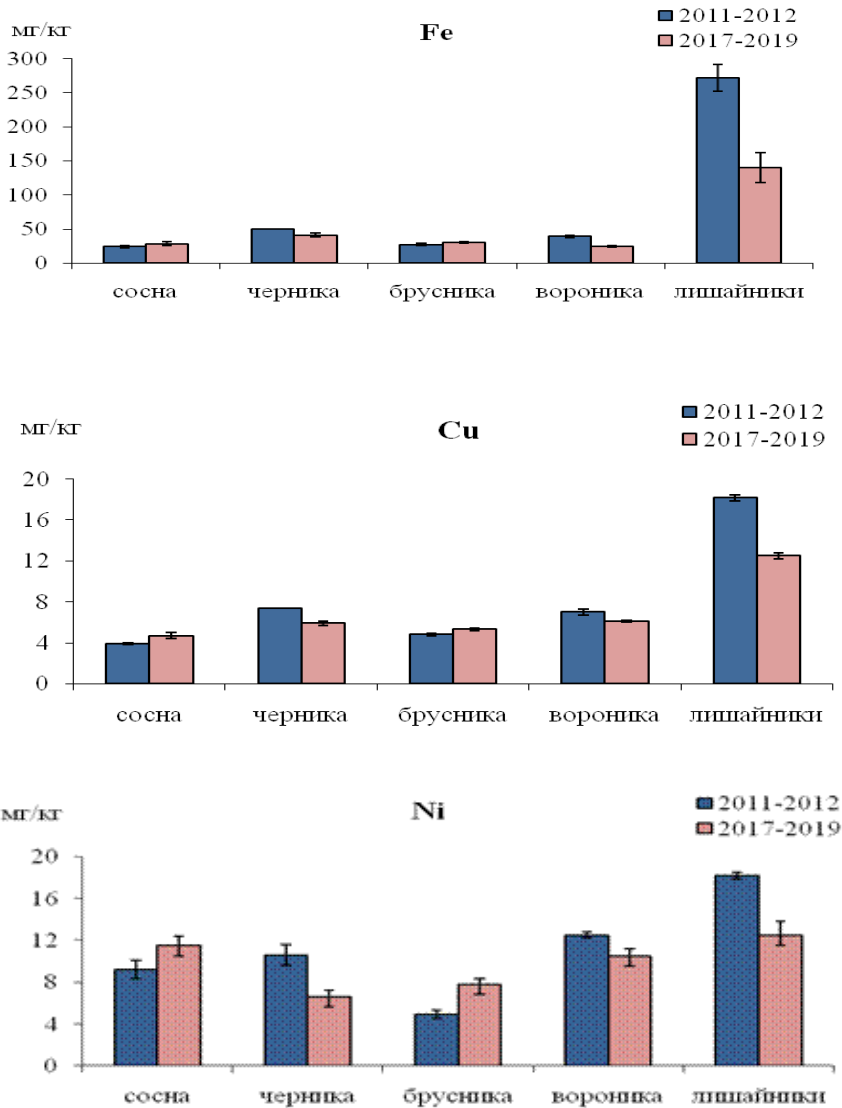


Рис. 7.5. Содержание Fe, Cu, Ni в листьях (хвое) растений и лишайниках на ППН С-11 в разные периоды исследований (2011-2012 и 2017-2019 гг.)

– в 4-29 раз, в листьях брусники – в 7-11 раз, в листьях черники и вороники (ППН Е-9) – в 5 раз, в лишайниках – в 4 раза, в листьях берёзы (ППН Е-9) и в хвое сосны – в 2.5 раза.

Динамика содержания ТМ в ассимилирующих органах растений и лишайников в разные периоды исследования (2011-2012 гг. и 2017-2019 гг.) (рис. 7.4, 7.5 и 7.6) свидетельствует о возрастании содержания никеля в хвое ели и сосны, а в хвое ели – также железа и кобальта ($p < 0.05$). Содержание меди в ассимилирующих органах хвойных деревьев сопоставимо по двум периодам исследования. Достоверных изменений в содержании кадмия в хвое ели и сосны не обнаружено. За исследуе-

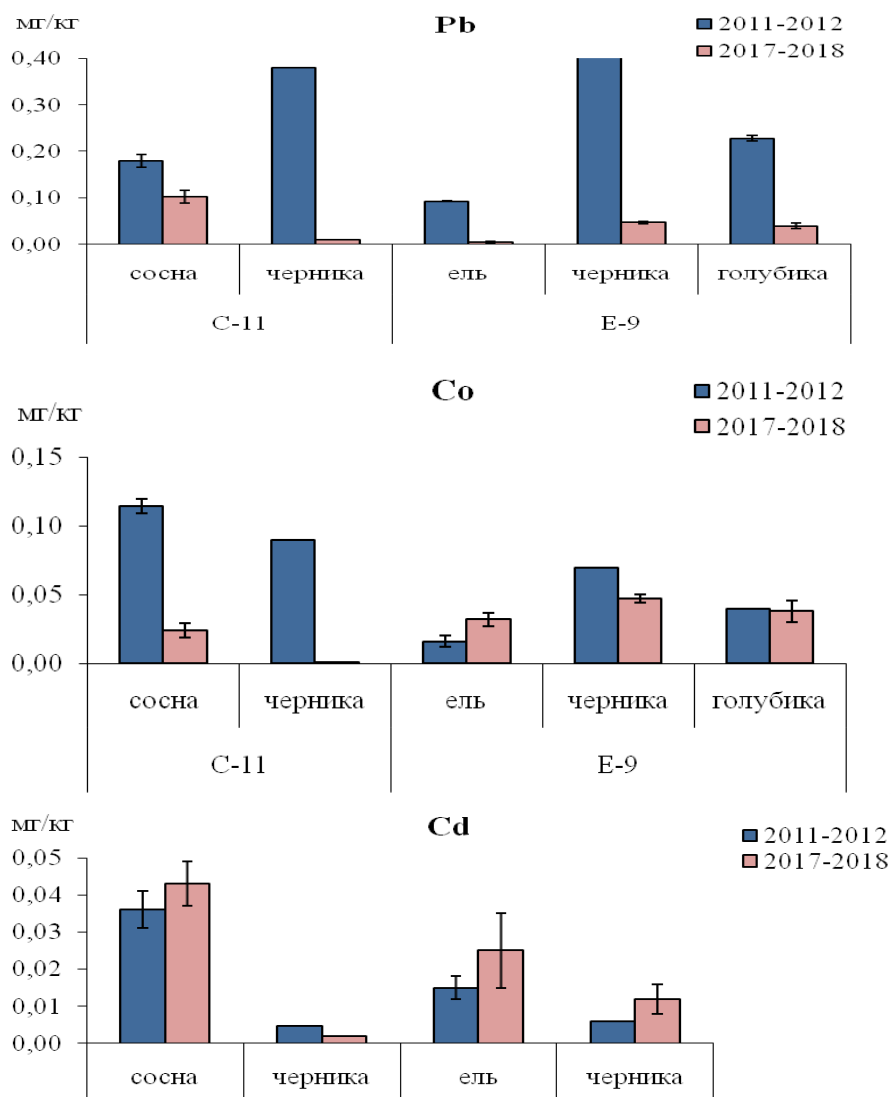


Рис. 7.6. Содержание Pb, Co, Cd в листьях (хвое) растений ППН Е-9 и С-11 в разные периоды исследований (2011-2012 и 2017-2019 гг.)

мый период в лишайниках произошло снижение концентраций Fe, Cu, Ni, в зелёных мхах – Fe. Отмечено значительное снижение содержание Pb в растениях, в которых данный элемент определялся (рис. 7.6) Не произошло значимых изменений в содержании Fe, Cu, Ni в листьях кустарничков (брусники, вороники и вороники) и луговика извилистого на ППН Е-9. В листьях черники на ППН Е-9 снизилось содержание Ni и Co при одновременном накоплении Cu. На ППН С-11 снижение концентраций в листьях черники отмечено для всех ТМ.

Обобщение результатов исследований элементного состава растений и лишайников в разные периоды исследования (2011-2012 и 2017-2019 гг.) позволило оценить их состояние на современном этапе. В 15-км зоне наблюдения КАЭС концентрации тяжелых металлов в растениях и лишайниках возрастают. Наибольшей аккумулирующей способностью обладают зелёные мхи и лишайники. В зелёных мхах отмечено превышение фоновых концентрации по Fe, Cu, Ni, Pb, Cd, Co. В лишайниках выявлено возрастание Cu, Ni, Co. Высокая аккумулирующая способность лишайников и мхов связана с тем, что на их поверхности может происходить катионный обмен: основные катионы могут обмениваться на катионы тяжелых металлов. Таким образом, мхи и лишайники создают своеобразный экран, эффективно поглощающий и надолго задерживающий элементы-загрязнители. За исследуемый период отмечаются колебания удельной активности радионуклидов в растениях и лишайниках, которые не превышают уровня средних многолетних величин природного радиационного фона.

7.4. Воздействие загрязнения на лишайники

Лишайники являются крайне чувствительными к состоянию окружающей воздушной среды, поскольку необходимые для их роста питательные вещества поглощают всей поверхностью таллома из атмосферного воздуха и влаги. Кроме данной биологической особенности для лишайников также характерно следующее: взаимно уравновешенные симбиотические отношения двух (в основном) партнеров – водоросли и гриба, неспособных развиваться друг без друга; отсутствие внешнего защитного слоя, подобного существующему у высших растений (кутикулы); повышенный уровень метаболизма во влажном состоянии; продолжение метаболизма при низких температурах и восприимчивость к повреждениям в зимний период; существенно медленный рост по сравнению с высшими растениями и медленное восстановление при повреждении таллома; высокая продолжительность жизни лишайников, приводящая к тому, что загрязняющие вещества накапливаются в талломах (являющихся ассимилирующим телом) в течение всего времени проживания лишайника, в отличие от высших растений (способных ежегодно воспроизводить новые ассимилирующие органы – листья листопадных деревьев, но даже и у хвойных продолжительность жизни хвои обычно ограничена 5-7 годами). Поэтому любые изменения в химическом составе атмосферных осадков или воздуха приводят к ответной реакции этих организмов.

Общепризнанно, что наиболее приемлемыми для целей биомониторинга являются эпифитные (т.е. произрастающие на стволах и ветвях деревьев) виды лишайников [Trass, 1973; Hawksworth, Rose, 1976; Лихеноиндикация., 1978; Трасс, 1984; Горшков, 1990; Nimis et al., 2002; Richardson, 1992; Seaward, 1992, 1993; Giordani, 2007 и пр.]. Эпигейные (обитающие на почве) виды лишайников традиционно не используются в качестве индикаторов воздушного загрязнения за редким исключением [Пристяжнюк, 2008], поскольку на формирование напочвенного лишайникового покрова не меньшее влияние оказывают множество естественных факторов. В очагах выпадения атмосферных осадков с максимальными концентрациями за-

грязняющих веществ формируются антропогенные пустоши, на которых вымирают все наземные растения и лишайники.

Корреляция между сокращением числа видов лишайников и усилением атмосферного загрязнения не является чем-то новым [Hawksworth, Rose, 1970; Deruelle, Garcia-Schaeffer, 1983; Ammann et al., 1987; Frati, Brunialti, 2006; Jüriado et al., 2009]. Установлено, что в индустриальных районах из компонентов загрязненного воздуха самое отрицательное влияние на лишайники оказывает двуокись серы [Pearson, Henriksson, 1981; Wirth, 1987; Alebic-Juretic, Arko-Pijevac, 1989 и др.]. Экспериментально было определено, что SO_2 при концентрации 0.03–0.1 мг/м³ начинает угнетающе действовать на лишайники – повреждаются клеточные мембраны, на хлоропластах клеток водорослей появляются бурые пятна, начинается дегградация хлорофилла [von Arb et al., 1990]. Другими биохимическими реакциями лишайников в ответ на воздействие загрязнителей являются снижение концентрации АТФ в талломе, увеличение рН и электропроводимости внутренней среды таллома, высвобождение из клеток K^+ и Mg^{2+} , угнетение синтеза лишайниковых кислот, белков и липидов, изменение активности многих ферментов.

Помимо двуокиси серы на лишайники губительно действуют окислы азота (NO , NO_2), окись углерода (CO , CO_2), соединения фтора и другие загрязнители.

При повышении в воздухе концентраций загрязняющих веществ выше определенных значений талломы лишайников отмирают, популяции сокращаются, численность падает и большинство видов исчезает из загрязненных районов. В наиболее тяжелых случаях могут формироваться так называемые «лишайниковые пустыни» – районы, в которых практически полностью отсутствуют эпифитные лишайники.

С целью определения состояния эпифитного лишайникового покрова вокруг КАЭС было изучено изменение уровня видового разнообразия в условиях разной степени атмосферного загрязнения. Нами проведены исследования видового состава эпифитных лишайников в еловых древостоях на стационарных пробных площадях на разном расстоянии от КАЭС – как в условиях промышленного воздушного загрязнения со стороны крупнейшего на Севере медно-никелевого комбината «Североникель» (город Мончегорск), так и в естественных фоновых условиях (окр. пос. Алакуртти – 128 км на запад-юго-запад от КАЭС) (табл. 7.8). В пределах до 10 км от комбината «Североникель» по направлению преобладающего переноса (45 км на север от КАЭС), эпифитные лишайники обнаружены не были. Здесь наблюдается очень высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, не позволяющий выживать эпифитным лишайникам (в таблице 7.8 данные не представлены). Первые виды, появляющиеся на подверженных сильному воздушному загрязнению территориях, обычно представлены накипной жизненной формой, являющейся, как известно, наиболее приспособленной к неблагоприятным условиям существования лишайников. Далее начинают появляться несколько более устойчивые лопастные виды. Кустистые эпифитные лишайники, считающиеся самыми чувствительными к загрязнению воздуха, на расстоянии до 20-25 км от источника аэропромвыбросов комбината «Североникель» не зарегистрированы. И лишь на расстоянии около 31 км от комбината

Таблица 7.8. Видовой состав эпифитных лишайников, выявленных на пробных площадях в районе КАЭС и на фоновых территориях

Виды	ППН		
	Е-21.5	Е-9	Фон
<i>Bryoria simplicior</i> (Vain.) Brodo et D. Hawksw.	+	+	+
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	+	+	+
<i>Japewia subaurifera</i> Muhr et Tønsberg	+	+	+
<i>Japewia tornoenensis</i> (Nyl.) Tønsberg	+	+	+
<i>Lecanora fuscescens</i> (Sommerf.) Nyl.	+	+	+
<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	+	+	+
<i>Ochrolechia androgyna</i> (Hoffm.) Arnold	+	+	+
<i>Xylopsora friesii</i> (Ach.) Bendiksbj et Timdal	+	+	+
<i>Alectoria sarmentosa</i> (Ach.) Ach.	-	+	+
<i>Bryoria lanestris</i> (Ach.) Brodo et D. Hawksw.	-	+	+
<i>Cetraria sepincola</i> (Ehrh.) Ach.	-	+	+
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	-	+	+
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulfen) Nyl.	-	+	+
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i> (Willd.) Hale	-	+	+
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson et M. J. Lai	-	+	+
<i>Bryoria fremontii</i> (Tuck.) Brodo et D. Hawksw.	-	-	+
<i>Bryoria fuscescens</i> (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.	-	-	+
<i>Bryoria glabra</i> (Motyka) Brodo et D. Hawksw.	-	-	+
<i>Bryoria implexa</i> (Hoffm.) Brodo et D. Hawksw.	-	-	+
<i>Bryoria nadvornikiana</i> (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.	-	-	+
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	-	-	+
<i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	-	-	+
<i>Frutidella pullata</i> (Norman) Schmall	-	-	+
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.) M. Choisy	-	-	+
<i>Hypogymnia austerodes</i> (Nyl.) Räsänen	-	-	+
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	-	-	+
<i>Lecanora albellula</i> Nyl.	-	-	+
<i>Lecanora circumborealis</i> Brodo et Vitik.	-	-	+
<i>Micarea prasina</i> Fr.	-	-	+
<i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Arnold	-	-	+
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W. L. Culb. et C. F. Culb.	-	-	+
<i>Toensbergia leucococca</i> (R. Sant.) Bendiksbj et Timdal	-	-	+
<i>Usnea lapponica</i> Vain.	-	-	+
<i>Vulpicida juniperinus</i> (L.) J.-E. Mattsson et M. J. Lai	-	-	+

«Североникель» (примерно 21,5 км на север от КАЭС) в южной части Лапландского заповедника был зафиксирован первый кустистый лишайник *Bryoria simplicior* (табл. 7.8). Этот бореальный эпифитный лишайник из рода бриория является одним из самых устойчивых к неблагоприятным условиям существования на Крайнем Севере – он дальше всех проникает к северу от границы лесной растительности за Полярным кругом. По-видимому, естественная устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам и позволяет данному виду лучше остальных противостоять негативным антропогенным факторам, таким как загрязнение воздуха. Всего в этом месте на елях было найдено 8 видов лишайников, из которых 6 видов представлены накипной жизненной формой и один – листоватой, что свидетельствует о все еще достаточно высоком уровне загрязнения аэропромвыбросами комбината. Выявленные виды явевию золотистоносную и торниокскую можно считать наиболее токсикотолерантными в условиях северо-таежных лесов за Полярным кругом. На самом деле виды рода явевия очень широко распространены в северотаежных лесах, часто встречаются и в тундровых сообществах на баренцевоморском побережье и высоко в горах на территории Мурманской области. Это свидетельствует о высокой природной устойчивости видов явевия к неблагоприятным факторам – будь то естественные биоклиматические, или антропогенные, вызванные загрязнением воздушной среды.

В окрестностях КАЭС в пределах 9 км на стволах и ветвях ели нами выявлено 15 эпифитных видов лишайников (табл. 7.8). При этом здесь отмечено уже 3 вида кустистых лишайников и 7 листоватых. Это может свидетельствовать о заметном снижении уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами, поступающими от комбината «Североникель». Уровень видового разнообразия эпифитных лишайников еловых лесов в окрестностях КАЭС в 2 раза выше по сравнению с ельниками южной части Лапландского заповедника. Но, тем не менее, остается в 3 раза меньшим, если сравнивать с фоновыми условиями (табл. 7.8).

Наиболее чувствительные (токсикофобные) виды лишайников, признаваемые индикаторами естественных малонарушенных или коренных лесов в странах Северной и Центральной Европы, такие как *Bryoria fremontii*, *B. fuscescens*, *B. implexa*, *B. nadvornikiana*, *Evernia mesomorpha*, *Platismatia glauca*, *Usnea lapponica*, отмечены только в фоновых условиях в пределах Мурманской области (табл. 7.8). Здесь уже до трети выявленного видового состава среди эпифитов представлено лишайниками кустистой жизненной формы.

Радиационная обстановка. Результаты экспериментальных исследований и натурных наблюдений свидетельствуют о значительной устойчивости лишайников к внешнему гамма-облучению [Нифонтова, 1976]. Лишайники остаются жизнеспособными даже при воздействии достаточно высоких доз облучения. Распределение радионуклидов внутри слоевищ лишайников зависит как от свойств радиоизотопов (формы выпадения, количества, растворимости в воде, подвижности в среде), так и от особенностей лишайника (жизненная форма, размеры) и местообитания (субстрат, экспозиция, количество осадков) [Нифонтова, Куликов, 1977; Бязров, 2005]. У кустистых напочвенных лишайников радионуклиды

концентрируются в верхних, более молодых, частях слоевищ [Бязров, 2005]. По исследованиям М. Г. Нифонтовой и Н. В. Куликова [1977] в напочвенных кустистых лишайниках разных видов из арктических тундр концентрация ^{90}Sr варьировала в пределах 70-400 Бк/кг; концентрация ^{137}Cs в талломах была в 3–6 раз выше и изменялась от 440 до 1240 Бк/кг. Оба радионуклида более эффективно аккумуляровались слоевищами кустистых лишайников родов *Cladonia*, *Cetraria*. Для эпифитов (род *Usnea*) было характерно повышенное содержание ^{90}Sr относительно ^{137}Cs , связанное с дополнительным поступлением нуклида со смывами с кроны и стволов деревьев. Соответственно отношение $^{137}\text{Cs} / ^{90}\text{Sr}$, равное у напочвенных лишайников 9-10 ед., сдвигается у эпифитов до 1.5-2.0 ед. [Нифонтова, Куликов, 1977]. В настоящее время для кустарничковых мохово-лишайниковых тундр Северной Субарктики запас радионуклидов в лишайниковых сообществах (проективное покрытие 40–60%) составляет 0.01-0.02 кБк/м² для ^{90}Sr и 0.030-0.05 кБк/м² для ^{137}Cs ; в аналогичных тундрах Южной Субарктики – 0.01-0.04 кБк/м² и 0.04-0.06 кБк/м² соответственно [Нифонтова, 1976; Нифонтова, Куликов, 1977].

В 15-км зоне вокруг КАЭС по обзору материалов Докладов о состоянии и охране окружающей среды Мурманской области, среднегодовая активность цезия-137 в ягеле варьирует от 1.3 до 15.4 Бк/кг, стронция-90 – от 3.1 до 8.3 Бк/кг [Доклад..., 2012–2019]. Значения активности радионуклидов в контролируемых объектах окружающей среды существующими нормативными документами не регламентированы, оценка этих показателей проводится путем сравнения с показателями предыдущих лет. Для КАЭС разработан и согласован с Межрегиональным управлением №118 МРУ № 118 ФМБА России документ, устанавливающий контрольные уровни радиационных факторов во всех контролируемых средах. Отмеченные колебания удельной активности радионуклидов в ягеле не превышают уровня средних многолетних величин природного радиационного фона.

7.5. Воздействие загрязнения на грибы

Грибы активно собираются для домашнего потребления, для продажи на местных рынках, для заготовительной промышленности пищевых продуктов. Употребление съедобных грибов является чрезвычайно значимым для жителей Мурманской области, как источник дополнительного питания и источник освобожденного от налогов дохода. Местное население все чаще интересуется загрязнением (экологичностью), растущих в лесу съедобных грибов.

В 30-км зону вокруг КАЭС в северной части попадают лесные массивы, поврежденные воздушными промышленными выбросами комбината «Североникель» (АО «Кольская ГМК»). Кроме того, при использовании АЭС, радионуклиды, выброшенные в атмосферу в нестандартных случаях, в результате гравитационного осаждения или с осадками выпадают на поверхность деревьев, напочвенного покрова и почву. В результате перераспределения радионуклидов в экосистеме, наибольшая их концентрация наблюдается в грибах, как активных аккумуляторов тяжёлых металлов и радионуклидов [Дементьев, 2007].

Таблица 7.9. Элементный состав съедобных грибов, мг/кг абс. сух. вещества

Расстояние от КАЭС, км	Анализируемая часть гриба	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Zn	Ni	Cu	P	S	Pb	Cd	Co
Сыроежки (<i>Russula</i> sp.)														
9	шляпки	181.5	1016.5	41246.5	28.5	31.8	96.5	3.3	54.4	7260.9	1502.2	0.1	0.3	0.1
	ножки	69.5	557.8	30289.9	26.5	9.3	57.7	3.0	31.7	3569.7	752.6	0.1	0.04	0.1
21.5	шляпки	216.0	1075.6	48399.4	20.5	27.5	103.8	11.2	65.1	9429.6	1840.8	0.6	0.4	0.8
	ножки	159.2	561.8	32099.5	11.7	20.1	57.2	8.1	26.8	3083.5	828.1	0.2	0.1	0.4
Фон	шляпки	475.9	1482.8	47075.0	44.0	83.0	140.3	4.6	32.8	7103.1	1737.5	0.07	0.1	0.1
	ножки	134.8	820.3	38683.8	39.3	16.7	82.2	2.1	36.5	4762.9	1069.6	0.1	0.1	0.01
Волнушки (<i>Lactarius torminosus</i>)														
9	шляпки	251.9	1355.4	36984.2	167.5	14.3	92.9	8.9	24.7	9223.6	1596.9	0.4	0.2	0.1
	ножки	457.0	708.1	38986.8	95.8	31.6	85.9	3.3	22.6	4429.0	526.4	0.2	0.1	0.2
21.5	шляпки	155.03	1355.4	30863.1	42.5	18.8	107.4	9.1	17.3	8933.9	1793.7	0.1	0.2	0.2
	ножки	163.5	456.1	20596.8	29.2	47.1	83.9	6.4	11.5	3647.2	769.0	0.1	0.1	0.2
Фон	шляпки	107.3	1409.1	33744.3	35.4	7.6	120.6	1.9	13.7	8994.8	2209.2	0.2	0.3	0.1
	ножки	174.2	778.8	32267.0	29.4	15.8	96.2	1.6	8.6	4617.7	1121.4	0.1	0.1	0.1

Расстояние от КАЭС, км	Анализируемая часть гриба	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Zn	Ni	Cu	P	S	Pb	Cd	Co
Подосиновик (<i>Leccinum versipelle</i>)														
9	шляпки	69.7	853.4	31877.7	38.2	11.8	134.9	2.5	59.3	6620.7	3845.0	0.04	1.0	0.1
	ножки	69.7	457.8	15702.4	28.5	13.3	50.0	0.5	25.7	3096.2	3266.2	0.02	0.3	0.1
21.5	шляпки	69.8	897.2	32126.7	33.7	8.9	170.6	4.3	80.2	7664.2	4753.3	0.03	1.0	0.3
	ножки	85.3	290.0	14166.7	15.7	8.8	23.0	3.4	19.3	1634.9	3347.5	0.01	0.2	0.3
Фон	шляпки	70.0	1020.5	42163.9	38.4	7.4	160.3	2.2	75.0	9587.0	4629.1	0.06	2.0	0.1
	ножки	202.0	471.0	22573.2	32.1	20.6	48.6	0.5	23.8	4220.6	3516.0	0.03	0.4	0.1
Подберезовик (<i>Leccinum scabrum</i>)														
9	шляпки	95.7	630.7	25223.9	33.4	6.5	66.3	2.1	6.8	3101.5	1481.5	0.05	0.4	0.02
	ножки	42.1	487.7	7416.4	16.5	3.0	55.0	1.5	4.8	1894.1	1140.1	0.04	0.3	0.03
Фон	шляпки	181.8	1353.7	42626.8	43.7	9.8	143.0	1.9	8.8	1332.3	5063.9	0.06	0.6	0.03
	ножки	114.0	691.7	20010.7	25.6	6.7	75.0	1.1	6.7	3421.2	1679.2	0.16	4.2	0.03
Моховик желто-бурый (<i>Suillus variegatus</i>)														
9	шляпки	103.9	1061.3	34238.0	2196.2	11.6	85.2	6.2	37.6	6863.2	1312.5	0.01	1.3	0.2
	ножки	118.4	746.3	23139.5	1987.5	11.3	59.3	5.8	16.6	4508.5	1641.1	0.07	0.7	0.2
Фон	шляпки	104.0	1264.1	41215.2	3965.6	15.9	118.0	3.4	29.6	11729.6	1723.1	0.01	1.6	0.1
	ножки	126.0	656.6	25042.2	1810.1	20.7	64.7	1.4	8.9	4746.6	1077.9	0.02	0.5	0.1

Таблица 7.10. Содержание радионуклидов цезия ^{137}Cs и стронция ^{90}Sr в съедобных грибах в 30-км зоне вокруг КАЭС

Объект	2011	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ДУ
Среднегодовая удельная активность радионуклида ^{137}Cs, Бк/кг									
Грибы	9.2	5.3	0.9	8.8	24.0	10.3	4.6	17.3	500
Среднегодовая удельная активность радионуклида ^{90}Sr, Бк/кг									
Грибы	<1.3	<1.2	0.8	1.8	2.5	2.1	3.6	1.4	-

Примечание: здесь и в табл. 7.7 приведены средние арифметические (\pm стандартная ошибка)

Макромицеты могут накапливать тяжелые металлы в больших количествах, причем, представители различных экологических групп отличаются по способности концентрировать отдельные химические элементы [Исаева, Химич, 2009; Исаева, 2014, 2018]. Некоторые исследователи отмечают неравномерное распределение элементов в шляпках и ножках гриба [Горельшев, Калинин, 2003; Alonso, 2006; Pelkonen et al., 2006].

Известно, что удельная активность радионуклида в данном виде гриба или растения будет линейно увеличиваться с увеличением удельной активности радионуклида в почве [Дементьев, 2007]. К наиболее распространенным радионуклидам относятся цезий-137, степень накопления которого в грибах в 10 раз выше, чем стронция-90 [Баженов, 1990; Дементьев, Болсуновский, 2004; Мимихин, 2012; Пельгунов, Пельгунова, 2015].

Методы исследования. В 2018 г. выполнен сбор съедобных грибов на площадках постоянного наблюдения (ППН) Е-9, С-21.5 и в фоновых условиях. Характеристика ППН представлена в Приложении.

Плодовые тела грибов (подосиновики, подберезовики, моховики желто-бурые, сыроежки и волнушки) в свежем виде разделяли на шляпки и ножки. Грибы очищали сухой бумажной салфеткой от почвы и мусора, мелко измельчали и высушивали в электросушилке при температуре 40-45° С. Содержание элементов в съедобных грибах определяли в Центре коллективного пользования ИППЭС КНЦ РАН.

Результаты исследований. Элементный состав съедобных грибов в 30-км зоне вокруг КАЭС представлен в таблице 7.9. Содержание элементов в съедобных грибах сильно варьирует. Пластинчатые грибы содержат больше калия и фосфора, чем трубчатые. Почти во всех исследуемых видах грибов в шляпках концентрируется больше элемента, чем в ножках. Это подтверждается и ранее выполненными исследованиями [Исаева, Химич, 2009; Исаева, 2018]. На ППН Е-9 и С-21.5, расположенных в условиях аэротехногенного загрязнения выбросами комбината «Североникель», концентрации никеля и меди в съедобных грибах достоверно выше по сравнению с фоном.

Одним из основных факторов, определяющих накопление ^{137}Cs грибами, является их видовая принадлежность [Щеглов, 2000]. Среди макромицетов, принадлежащих к разным трофическим группам, наибольшее содержание ^{137}Cs оказалось в микоризообразователях, что соотносится с данными, полученными другими ис-

следователями [Щеглов, 2000; Guillitte et al., 1990; Barnett et al., 1999]. Минимальной концентрацией радиоцезия (^{137}Cs) характеризуются представители экологических групп сапротрофов и ксилотрофов [Guillitte et al., 1987; Nimis et al., 1986 и др.]. Больше всего накапливают ^{137}Cs симбиотрофы, вариабельность содержания цезия-137 в этих грибах зависит от глубины залегания мицелия в подстилке [Пельгунов, Пельгунова, 2015].

Уровни накопления радионуклидов растениями, по сравнению с грибами, на 2-3 порядка ниже, как и межвидовые вариации накопления радионуклидов [Дементьев, 2007]. Практически все исследователи приходят к заключению о возможности использования грибов с высоким накоплением радиоцезия в качестве индикаторов загрязнения этим радионуклидом среды обитания.

Среди видов съедобных грибов, отличающихся высокой способностью к поглощению радиоцезия, в литературных источниках чаще всего приводятся: микоризообразующие польский гриб [Нифонтова, Алексащенко, 1991; Булавик, 1997], горькушка, свинушка тонкая, волнушка розовая, колпак кольчатый, моховик желто-бурый, масленок поздний, масленок зернистый [Урбонас и др., 1989; Тихомиров и др., 1990; Федоров, Елиашевич, 1998; Дементьев, Болсуновский, 2004], белый гриб и зеленушка [Иванов, 2011], паутинник браслетчатый [Урбонас и др., 1989].

Содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в съедобных грибах в 30-км зоне вокруг КАЭС (табл. 7.10) приведено по материалам ежегодных Докладов по состоянию окружающей среды Мурманской области за период 2011–2019 гг. [Доклад, 2012–2020].

Центром гигиены и эпидемиологии МРУ №118 ФМБА России проводятся ежегодно исследования содержания радионуклидов в объектах окружающей среды, в т.ч. съедобных грибах.

Важно отметить, что значения активности радионуклидов в объектах окружающей среды, отбираемыми для анализа, существующими нормативными документами (СанПиН 2.3.2.2650-10 «Дополнения и изменения № 18 к СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов») не регламентированы, оценка этих показателей проводится по сравнению с показателями предыдущих лет.

По результатам исследований в период 2014–2016 гг. наблюдается устойчивая динамика выявления наибольшего значения удельной активности радионуклида ^{137}Cs в грибах. Необходимо отметить, что значения активности радионуклидов в грибах существующими нормативными документами не регламентированы, оценка этих показателей проводится путем сравнения с показателями предыдущих лет. КАЭС разработан и согласован с МРУ № 118 ФМБА России документ, устанавливающий контрольные уровни радиационных факторов во всех контролируемых средах. В 2017 и 2019 гг. превышений контрольных уровней не зафиксировано.

Глава 8

Землепользование

Система учета и использования земельного фонда дана в соответствии с Земельным Кодексом Российской Федерации по федеральной и региональной целевым программам государственного земельного кадастра. Фактической основой явились данные, полученные по запросам аренды лесного фонда Зашейковского, Кандалакшского, Мончегорского и Кировского лесничеств; открытых документов администрации г. Полярные Зори.

Исследованная территория в радиусе 30 км от КАЭС расположена в пределах пяти административных районов: город Полярные Зори с подведомственной территорией, город Апатиты с подведомственной территорией, город Мончегорск с подведомственной территорией, Кандалакшский и Ковдорский районы (рис. 2.1). Большая часть 15-км зоны – в границах города Полярные Зори с подведомственной территорией. Это одно из наиболее молодых административно-территориальных образований в Мурманской области. В начальный период строительства КАЭС и города Полярные Зори данная территория относилась к городу Апатиты и лишь в 1990-е гг. была выделена в качестве самостоятельного городского административного образования. Общая площадь земельного фонда муниципального образования город Полярные Зори с подведомственной территорией составляет 98687 га (по состоянию на 01.01.2019 г.).

Структура и описание земель по видам землепользования.

Общая характеристика. Основную часть (92,8 %) от общей площади земельного фонда города Полярные Зори с подведомственной территорией составляет лесной фонд. Остальные категории земель занимают земли промышленности и транспорта (4 %), сельскохозяйственного назначения (1,7 %), земли запаса и населенных пунктов. Земли рекреационного назначения составляют всего 0,013 % территории, они входят в состав земель особо охраняемых территорий (рис. 8.1).

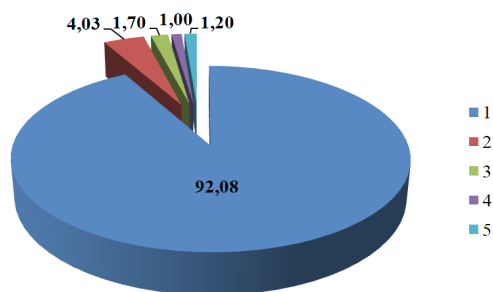


Рис. 8.1. Процентное соотношение земель по категориям к общей площади земельного фонда: 1 – лесного фонда; 2 – промышленности и транспорта; 3 – с/х назначения; 4 – населенных пунктов; 5 – земли запаса и др.

Земли лесного фонда. К землям лесного фонда относятся лесные земли (земли, покрытые лесной растительностью и не покрытые ею, но предназначенные для ее восстановления, – вырубки, гари, редины, прогалины и другие) и предназначенные для ведения лесного хозяйства нелесные земли (просеки, дороги, болота и другие). Общая площадь земель лесного фонда на территории города Полярные Зори с подведомственной территорией на 01.01.2019 г. составляет 90868 га. Лесной фонд в соответствии с Лесным кодексом РФ от 04.12.2006 № 200-ФЗ закреплен Мончегорским, Кировским, Зашейковским и Кандалакшским лесничествами.

Лесной фонд является динамичной структурой, постоянно изменяющейся во времени. После прекращения сплошных рубок, проводимых на территории Полярнозоринского района Зашейковским лесокombинатом, в лесфонде произошли значительные изменения в распределении площадей по категориям земель. Положительным явлением следует считать интенсивный процесс лесовосстановления на вырубках и гарях. Изменился породный состав лесов за счет увеличения доли хвойных пород. На месте бывших вырубок, гарей и пустошей идет формирование наиболее продуктивных и хозяйственно ценных древостоев пород за счет естественного возобновления и их смены.

Часть территории лесного фонда в 30-км зоне вокруг КАЭС взята в аренду для различных видов использования (табл. 8.1). Основной вид использования земель в аренде – под строительство, реконструкцию и эксплуатацию линий связи (81.3%), затем следует осуществление рекреационной деятельности (11%), остальные виды использования занимают небольшую часть.

Таблица 8.1. Использование территорий, взятой в аренду и постоянное пользование в 30-км зоне вокруг КАЭС по Зашейковскому, Апатитскому, Мончегорскому и Кандалакшскому участковым лесничествам

№ кв.	Вид использования	Площадь, га	Срок аренды	Административный район
Кировское лесничество, Апатитское участковое лесничество				
15	Осуществление рекреационной деятельности	1.42	49 лет	г. Апатиты с подведомственной территорией
15	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	20.13	49 лет	г. Апатиты с подведомственной территорией
80, 68	Осуществление сельскохозяйственной деятельности для собственных нужд	0.16	5 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией

№ кв.	Вид использования	Площадь, га	Срок аренды	Административный район
Зашейковское лесничество, Зашейковское участковое лесничество				
265, 266, 269, 279, 282-284, 298, 300, 301, 280, 281	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	27.55	49 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
217-281	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	21.99	49 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией; г. Апатиты с подведомственной территорией
245, 265, 266	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	4.13	25 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
31	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	0.13	49 лет	г. Ковдор с подведомственной территорией
30, 31, 41	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	6.46	25 лет	г. Ковдор с подведомственной территорией
232, 243, 265, 266, 280, 281	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	5.7	11 мес.	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
298, 27, 231	Осуществление рекреационной деятельности	1.4	25 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
231, 266, 27, 58	Осуществление рекреационной деятельности	8.37	49 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
266	Осуществление рекреационной деятельности	2.0	10 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией

№ кв.	Вид использования	Площадь, га	Срок аренды	Административный район
22	Осуществление рекреационной деятельности	0.59	49 лет	г. Ковдор с подведомственной территорией
266	Проведение изысканий	0.87	11 мес.	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
265	Гидросооружение	1.53	49 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
271	Месторождение	2.64	13 лет	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
233, 243, 300	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	8.85	постоянное бессрочное пользование	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
300, 301	Научно-исследовательские цели	6.14	постоянное бессрочное пользование	г. Полярные Зори с подведомственной территорией
Мончегорское участковое лесничество				
229, 223	Осуществление рекреационной деятельности	2.70	49 лет	г. Апатиты с подведомственной территорией
216, 220, 221, 222, 223, 224, 226, 227, 228, 229	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	23.82	49 лет	г. Апатиты с подведомственной территорией
224, 219, 220	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	2.81	49 лет	г. Апатиты с подведомственной территорией
224	Строительство, реконструкция, эксплуатация линий связи	0.5	15 лет	г. Апатиты с подведомственной территорией
Кандалакшское участковое лесничество				
250	Осуществление рекреационной деятельности	2.0	постоянное бессрочное пользование	Кандалакшский административный район

Земли промышленности, энергетики, транспорта и иные на территории района занимают площадь 3973 га. Наиболее крупное энергетическое предприятие ФГУП «Росэнергоатом» Кольская атомная станция имеет площадь 239.6 га.

Земли сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственных угодий. К ним относятся земли за чертой населённых пунктов, предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей. Общая площадь на территории г. Полярные Зори с подведомственной территории составляет 1674 га, они используются сельскохозяйственными предприятиями и населением. Значительные площади земель освоены садоводами и огородниками, которые выращивают разнообразные овощные, ягодные и декоративные растения на приусадебных участках.

Земли населенных пунктов. К данной категории отнесены земли в границах городских и сельских населенных пунктов, используемые и предназначенные для застройки и развития населенных пунктов. Город Полярные Зори с подведомственной территорией наделен статусом городского округа законом Мурманской области № 535-01-ЗМО от 2 декабря 2004 г. В его состав входили 4 населённых пункта – город Полярные Зори (364 га), населенные пункты Зашеек (509 га), Африканда (116 га) и населенный пункт Пиренга. Посёлок Пиренга в 2007 г. был упразднён и исключён из состава городского округа. Общая площадь земель, занятых населенными пунктами, 989 га.

Населенный пункт Зашеек создан в 1925 г., здесь в настоящее время в основном расположены дачные участки жителей; н.п. Африканда основан в 1937 г. после открытия месторождения титановых руд; строительство города Полярные Зори было начато в 1964 г. в связи с началом строительства КАЭС.

В составе территории города Полярные Зори есть парк отдыха и здоровья «Наш парк», при общей площади 27.05 га и перспективе освоения еще 20.05 га.

Земли запаса. Общая площадь на территории г. Полярные Зори с подведомственной территории составляет 1170 га, среди них – используемые под пашни (8 га) и иные земли.

Земли рекреационного назначения. Площадь земель рекреационного назначения составляют 13 га.

Таким образом, земельный фонд г. Полярные Зори с подведомственной территории составляет 6.74% от территории Мурманской области, основную его часть составляют земли лесного фонда, часть земель имеет сельскохозяйственное назначение. После прекращения сплошных рубок происходит лесовосстановление на прежних вырубках и гарях, при увеличении доли хвойных пород в составе лесов. Среди особо охраняемых территорий района – в основном земли рекреационного назначения. В г. Полярные Зори с подведомственной территорией нет заповедников, заказников и памятников природы, но на севере зоны 30 км вокруг КАЭС находится часть территории Лапландского государственного биосферного заповедника и два памятника природы регионального значения – «Экостровское кинтище» и «Ледниковый валун».

Глава 9

Анализ состояния водных экосистем

Озеро Имандра является водоемом-охладителем КАЭС [Маслобоев и др., 2010]. Это самое большое озеро Мурманской области, которое состоит из трех плесов – Большой Имандры (БолИ), Йокостровской Имандры (ЙИ) и Бабинской Имандры (БИ), соединенных проливами: Йокостровским и Широкой Салмой (рис. 9.1). Сток из озера осуществляется в реку Ниву из ЙИ и далее в Кандалакшский залив Белого моря. Сравнительная изолированность плесов и неравномерность распределения антропогенной нагрузки определяет значимые различия в гидрохимических и гидробиологических характеристиках их вод [Моисеенко и др., 2002; Даувальтер, Кашулин 2018]. Так, в залив Монче-губу поступают стоки предприятия цветной металлургии Мончегорской площадки Кольской ГМК и города Мончегорск, в губу Белая – стоки апатитовой промышленности АО «Апатит» и стоки городов Кировск и Апатиты. Одним из самых значительных факторов, оказывающих влияние на водные экосистемы, является тепловое воздействие, возникающее при функци-

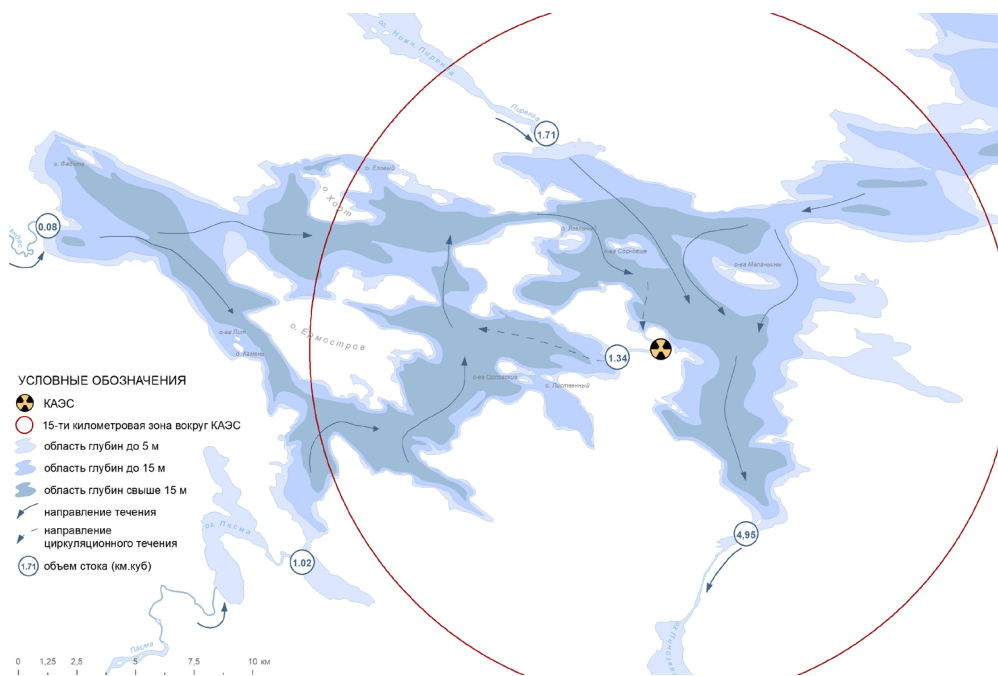


Рис. 9.1. Гидрологические особенности района исследований

онировании охлаждающих систем организованных с использованием природных водоемов. Сброс подогретых вод влияет на микроклимат, качество вод и гидробионтов в радиусе нескольких километров от объекта.

В условиях Кольской Субарктики температурный фактор зачастую является лимитирующим для многих процессов, протекающих в водоемах. Непродолжительный период открытой воды создает специфические условия для гидробионтов, вынужденных развиваться ускоренными темпами в благоприятный сезон.

Озеро Имандра десятилетиями подвергалось многофакторной антропогенной нагрузке, что привело к значительным отклонениям показателей качества вод от естественно-природного состояния, причем влияние КАЭС на экосистему озера не ограничивается тепловым загрязнением, а включает также последствия, связанные с перекачкой сравнительно более загрязненных вод из одного плеса в другой [Моисеенко и др., 2002; Моисеенко, Денисов, 2019]. В последние десятилетия процессы антропогенной трансформации водных экосистем происходят в условиях аномальной динамики арктической климатической системы [Денисов, Кашулин, 2016]. Исходя из этого, в период с 2011 по 2019 гг. было осуществлено комплексное изучение последствий воздействия КАЭС на состояния оз. Имандра. Фактически, участок поступления подогретых вод в озеро представляет собой уникальный модельный экологический полигон для изучения роли температурного фактора в развитии субарктических водных экосистем в условиях современного потепления климата (рис. 9.1).

9.1. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод

Материалы и методы. Объектом исследований являлся плес БИ, включающий акватории губы Кунчаст, губы Камка, губы Молочной, а также участки подводящего и отводящего каналов КАЭС, используемые в прямоточной системе охлаждения реакторов с 1973 г. Комплексные гидрохимические исследования водоема проводились в весенний период (апрель-май), летний период (июнь-июль) и осенний период (август-октябрь). Для оценки распространения водных масс в районе деятельности КАЭС наблюдения проводились в поверхностном и придонном горизонтах на гидрологических профилях и равномерно распределенных по акватории обоих плесов станциях.

Отбор проб воды (всего 311) для химического анализа производили с разных горизонтов батометром Рутнера (2 л). Аналитические методы, включающие химический анализ компонентов и их первичную подготовку, проводили по стандартным сертифицированным методикам выполнения измерений. Биогенные элементы и их формы анализировали фотометрическим методом. Для определения условно растворимых и взвешенных форм пробы фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0.45 мкм. Концентрации металлов определяли атомно-абсорбционным методом с атомизацией в графитовой печи на приборе Aanalyst 800, а также с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра Perkin-Elmer 360 в режиме пламенной атомизации.

Результаты. В период промышленного освоения в БолИ начали сбрасываться хозяйственно-бытовые стоки городов, сточные воды комбинатов АО «Кольская

ГМК», АО «Апатит» и других промышленных предприятий, которые содержат натрий, сульфаты, хлориды и другие загрязняющие вещества (Ni, Cu). К весеннему периоду ареал всех сточных вод начинает увеличиваться быстрее в связи со сработкой Нивских ГЭС. В это же время наблюдается самый низкий уровень воды и начинают преобладать стоковые течения из БолИ, к которым затем прибавляются талые воды с водосборной площади. Общее направление стоковых течений к южной части озера с увеличением их скорости в придонных слоях до 2.3 см/с говорит о возможности более быстрого замещения чистых природных вод в районе водозабора КАЭС хозяйственно-бытовыми стоками и стоками горно-обогачительных и металлургических предприятий.

Минерализация воды и основной ионный состав. Перед началом работы КАЭС общая минерализация воды в БИ изменялась от 19.1 до 28.6 мг/л, в среднем составляя 25.1 мг/л [Ресурсы..., 1970]. Но сточные воды крупных промышленных предприятий к этому времени достигли отдаленных районов озера, и в ЙИ, районе водозабора КАЭС, минерализация воды изменялась уже в пределах 18.0–55.5 мг/л, составляя в среднем 33.3 мг/л [Воздействие ..., 1984].

Характерной особенностью длительного периода исследований (1973–2012 гг.) явилось постепенное изменение величины общей минерализации и соотношения главных ионов. Для начала 80-х гг. прошлого века характерен быстрый рост минерализации, что соответствовало пику промышленной активности в регионе, с последующим постепенным снижением, обусловленным падением производства.

Средний ионный состав воды в южной части оз. Имандра в 1950–60 гг. до начала работы КАЭС соответствовал виду:

Бабинская Имандра: $0,025 \frac{\text{HCO}_3 (74) \text{SO}_4 (18) \text{Cl} (8)}{\text{Ca} (52) \text{Na} (26) \text{K} (14) \text{Mg} (9)} 11.6^\circ\text{C}$

В настоящее время ионный состав воды изменился и соответствует виду:

Бабинская Имандра: $0.040 \frac{\text{HCO}_3 (59) \text{SO}_4 (33) \text{Cl} (8)}{\text{Na} (50) \text{Ca} (29) \text{K} (12) \text{Mg} (9)} 14.8^\circ\text{C}$

При исследовании сезонного распределения общая минерализация в ЙИ постепенно нарастала от июня к августу, и наибольшие значения наблюдались на глубинах до 10 м у восточного берега губы Зашеечной. Воды с меньшей минерализацией в ЙИ сосредоточены вдоль западного берега губы Зашеечной (район водозабора КАЭС). Разница в ионном составе вод ЙИ и БИ объясняется поступлением в Йокостровский плес в основном хлоридов натрия и сульфатов. Наблюдения показали, что хлоридные ионы (Cl⁻) достаточно консервативны и их содержание мало изменяется как во времени, так и в пространстве.

С 1973 г. до 1984–85 г. содержание сульфатов в анионном составе всех исследуемых плесов резко нарастало за счет аэротехногенного переноса и влияния сточных

вод комбината «Североникель». Если в 1984–85 г. среднегодовое содержание гидрокарбонатных ионов превышало таковое для сульфатных на 5.4 мг/л, то уже к 2012 г. разница в их содержании была более значимой – до 7.3 мг/л. После 1986 г. количество сульфатов стало постепенно снижаться, и к настоящему времени за фоновые концентрации сульфатов в оз. Имандра можно принять значение 9.4 мг/л.

Среднее содержание гидрокарбонатов для плеса БИ в настоящее время составляет в среднем 17.0 мг/л.

Пространственная изменчивость основных ионов минерализации характеризовалась разбросанностью их концентраций на акватории плесов ЙИ и БИ в 2011 г., что достоверно говорит о различии гидрохимического состава вод исследуемых плесов и позволяет выделить зону влияния загрязненных потоков и фоновую зону.

В катионном составе основным ионом стал натрий, источником поступления которого в воды южной части оз. Имандра ранее являлись осадочные породы и растворимые соли натрия, а в настоящее время – хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды. К 2012 г. в БИ натрий составлял в среднем 50%, кальций – 29%. Фоновые значения натрия для удаленных от промышленных предприятий акваторий оз. Имандра в настоящее время составляют 5.88 мг/л.

Естественно, что потоки воды сначала по подводящему каналу КАЭС, а затем по сбросному, привели к изменениям в ионном составе вод губы Молочной, общая минерализация в которой изменялась в 2011–2012 г. от 40.0 до 44.7 мг/л, составляя в среднем 42.2 мг/л за год. Ранее в губе Молочной природная минерализация составляла 25.1 мг/л. В период исследований незначительное снижение общей минерализации происходило только в летний период. Общее снижение минерализации в БИ и в обогреваемой зоне губы Молочной за последние 25 лет может быть вызвано снижением объемов сбросов горнопромышленных предприятий и увеличением влияния на химический состав озера питающих его рек.

Таким образом, состав вод, которому соответствовали природные воды БИ и характеризовались как маломинерализованные, в настоящее время характеризуется как малой и умеренной минерализации. Минерализация воды за время работы КАЭС в губе Молочной и далее в БИ увеличилась более чем в 2 раза. В настоящее время, по содержанию основных ионов минерализации, достоверно выраженные различия между плесами ЙИ и БИ отмечаются только по сульфатам и натрию.

Водородный показатель рН. Воды оз. Имандра относятся к нейтральным: водородный показатель в природном состоянии изменялся от 6.4 до 7.2. В губе Молочной до начала работы КАЭС рН составляло в среднем 6.7 ед. Для БИ в природном состоянии за многолетний период (1930–1974 гг.) водородный показатель составлял рН 6.9–7.2 ед.

В период исследований 2011–2012 гг. наиболее высокие показатели рН отмечались в северной части плеса БИ, когда вода наиболее прогрета, от 7.00 до 7.54 ед. По мере удаления от устья отводящего канала по ходу распространения потока значительных изменений рН не происходит. Сезонные изменения также незначительны, но имели четко выраженную направленность: повышение рН в летний период, и снижение –

к осени. Слабое подщелачивание вод объясняется тем, что в районе водозабора в ЙИ рН несколько выше за счет распространения здесь более щелочных, загрязненных сточными водами АО «Апатит» вод из БолИ, которые затем распространяются по БИ.

Биогенные вещества. Анализ содержания суммарного азота в плесе БИ показывает значительные его колебания: от 66 до 259 мкгN/л. Ионы аммония в природных водах оз. Имандра содержатся обычно в очень малых количествах: от аналитического нуля до 100 мкгN/л. В плесах БИ и в губе Молочной в период исследований содержание ионов аммония также было низким – от аналитического нуля до 53 мкгN/л. Их незначительное количество и отсутствие нитритов в губе Молочной свидетельствует о высокой активности окислительных процессов.

Нитратные ионы, наряду с некоторыми другими неорганическими соединениями азота, являются конечным продуктом сложного процесса минерализации органического вещества. Содержание, режим и динамика нитратной формы азота определяется теми же факторами, что и для нитритной формы азота. Одновременное воздействие природных и антропогенных факторов сгладило направленность сезонной динамики содержания нитратных ионов. Так, в 2011-2012 гг. наиболее высокие концентрации нитратной формы азота в плесах ЙИ и БИ наблюдались в июне и июле (в среднем 28 мкгN/л), низкие – в августе (в среднем 9 мкгN/л).

Из различных соединений **фосфора** был определен минеральный фосфор (фосфаты), используемый в процессе жизнедеятельности водорослями, при отсутствии которого процесс фотосинтеза резко замедляется.

На акватории оз. Имандра, удаленной от основных промышленных предприятий (более 60 км), содержание фосфатов составляет 1-2 мкгP/л, общего фосфора – 1-8 мкгP/л. Содержание фосфатов вблизи КАЭС также невелико, а их пространственное распределение характеризуется довольно большой однородностью, что в среднем соответствует олиготрофному показателю трофического состояния водоема и в 1.5-2 раза превышает фоновые значения для водоемов Мурманской области.

Повышение внешней фосфорной нагрузки на озеро, в свою очередь, обусловило и изменение соотношения двух главных для биоты компонентов: азота и фосфора. Как известно, в водах, где влияние человека не столь значительно, соотношение азота к фосфору обычно более 15. В БИ величина данного соотношения составляет в среднем 30:1. По сравнению с периодом 1991-1993 гг. это соотношение уменьшилось более чем в 1.5 раза что связано, вероятно, с увеличением внутренней фосфорной нагрузки на водоем, т.к. за последние годы влияние внешней фосфорной нагрузки снизилось.

Концентрация **железа** в озерной воде зависит от значений рН и содержания растворенного кислорода. В летний период значения этого элемента в БИ составляют в среднем 17 мкг/л, и по мере распространения потока теплых вод его содержание снижается. Максимальные значения (до 63 мкг/л) характерны для придонных горизонтов.

Из рассмотренных данных видно, что содержание биогенных элементов в БИ и ЙИ, по сравнению с природным их состоянием, возросло и связано это не только с процессами эвтрофирования олиготрофного водоема в зоне обогрева, но и с внутренними биологическими процессами на всей акватории БИ, определяемыми

обменными потоками между различными структурными элементами водной системы. Необходимо также отметить снижение самоочистительной способности оз. Имандра, которая хорошо проявляется лишь в слабоэвтрофных, остающихся сбалансированными в продукционно-деструкционном и трофическом отношении водоемах [Сандимиров и др., 2017].

В настоящее время основными веществами, загрязняющими южные плесы оз. Имандра, являются тяжелые металлы: никель, медь, алюминий, стронций, марганец. Антропогенный источник поступления никеля и меди – выбросы медно-никелевого комбината в г. Мончегорск, расположенного в 52 км от АЭС. Расстояние, которое преодолевает по озеру водный поток от места сброса сточных вод комбината до подводящего канала АЭС, составляет 74 км. Стронций и алюминий являются компонентами сточных вод АО «Апатит». Загрязненные воды с естественным стоком из озера преодолевают около 40 км до поступления в подводящий канал АЭС и далее в БИ.

В южной части акватории оз. Имандра содержание основных загрязняющих веществ (никеля и меди) снижается за счет разбавления массами озерной воды и впадающих рек, а также быстрым водообменом. Полный водообмен озера происходит приблизительно за 2 года. Значительные отличия в гидрохимических параметрах, по сравнению с местом забора технологических вод АЭС, наблюдаются в восточной части губы Зашеечная преимущественно под влиянием потоков загрязненных вод из северных плесов – БолИ и ЙИ.

Большая часть территории водосборного бассейна оз. Имандра входит в состав Балтийского гидрогеологического массива. Подземные воды относятся к зоне свободного водообмена, которая формируется под влиянием дренирующего воздействия речной сети и климатических факторов. Основное снабжение подземных вод осуществляется за счет выпадающих атмосферных осадков.

В настоящее время содержание загрязняющих веществ в районе влияния теплых вод КАЭС зависит от:

- химического состава вод в районе водозабора станции, которые пройдя технологический цикл, сбрасываются в губу Молочную;
- сточных вод самой станции.

Никель является одним из наиболее распространенных загрязняющих веществ в оз. Имандра. В период исследований его содержание в отводящем канале колебалось от 1.1 до 2.4 мкг/л, составляя в среднем за год 2.2 мкг/л, в подводящем – от 1.3 до 2.5 мкг/л, составляя в среднем 2.1 мкг/л, т.е. его максимальные значения на исследуемой акватории озера в 2 раза превышали фоновое содержание элемента на территории Кольского п-ова (1 мкг/л).

В пробах воды из БИ концентрация никеля во всей водной толще была выше фоновых значений и изменялась от 1.1 до 6.3 мкг/л, составляя в среднем 2.2 мкг/л. Даже в период интенсивного снеготаяния никель попадает в водоем с тальми водами из загрязненного аэротехногенным путем снежного покрова в незначительных количествах.

По мере распространения потока теплых вод в БИ содержание никеля в водной среде снижается. Это указывает на преимущественное его поступление

со сбросными водами КАЭС. Анализ распространения никеля по акватории губы Молочной и далее по плесу показывает, что наибольшие его количества находятся в придонных слоях.

В целом, в течение последнего десятилетия содержание никеля в плесе БИ находится на постоянном уровне и в зависимости от концентрации в том или ином районе водоема отличается незначительно: его среднее значение в 1978 г. составляло 4.7 мкг/л; в 1979 г. – 4.8 мкг/л; в 1984 г. – 13.1 мкг/л; в 1985 г. – 24.3 мкг/л; в 1990 г. – 10.9 мкг/л; в 2001 г. – 2.1 мкг/л.

Медь в природных водах плеса БИ содержится в количествах от 2.0 до 7.2 мкг/л. В период исследований содержание меди в отводящем канале изменялось от 2.9 до 4.2 мкг/л, составляя в среднем за год 3.6 мкг/л, в подводящем канале – от 1.6 до 3.8 мкг/л, составляя в среднем 2.4 мкг/л, т.е. концентрации меди в отдельные сезоны года в подводящем канале оказывались ниже, чем в отводящем при их поступлении в губу Молочная. В БИ высокие концентрации меди наблюдались в летний период к югу от острова Ерм, что может быть связано с аэротехногенным переносом от комбината АО «Кольская ГМК». Среднее значение концентрации меди (3.0 мкг/л) во все сезоны года превышало фоновую концентрацию, которая для водоемов Кольского п-ова составляет 1 мкг/л.

Алюминий является одним из самых распространенных элементов в земной коре и содержится практически в любой природной воде, но в оз. Имандра попадает также со сточными водами АО «Апатит». После прохождения процессов флотации алюминий поступает в губу Белую (плес БолИ) при фильтрации сквозь дамбы хвостохранилищ обогатительных фабрик, а также аэротехногенным путем на территорию водосбора за счет их пыления в летний период.

В период 1993-2000 гг. наметилась тенденция к снижению содержания алюминия в водоеме, но результаты последних исследований показывают, что современное содержание алюминия в южных плесах соответствует содержанию, которое наблюдалось в период стабильной работы промышленных предприятий. Во время исследований концентрация алюминия в поверхностных и придонных слоях на всей акватории плеса БИ изменялась от 10 до 46 мкг/л, составляя в среднем 19 мкг/л. Максимальное значение алюминия в БИ отмечено в отводящем канале в осенний период – 55 мкг/л. В целом, в течение года в водной среде губы Молочной алюминий содержится в незначительных количествах: от 11 до 26 мкг/л, составляя в среднем 17 мкг/л, что ниже принятых условно-фоновых значений для Кольского п-ова ($Al < 30$ мкг/л).

Стронций в водной среде плеса БИ содержится в количествах от 43 до 66 мкг/л, составляя в среднем 52 мкг/л. Максимальные концентрации отмечаются в придонных слоях. Сопоставление содержания стронция в оз. Имандра с принятыми условно-фоновыми для Кольского п-ова ($Sr < 26$ мкг/л) показывает, что в последние годы содержание стронция на всей акватории озера превышает эту величину. В период 1986–1992 гг. эта величина составляла 43 мкг/л (мин. – 34 мкг/л, макс. – 57 мкг/л). Таким образом, загрязнение озера стронцием продолжает нарастать.

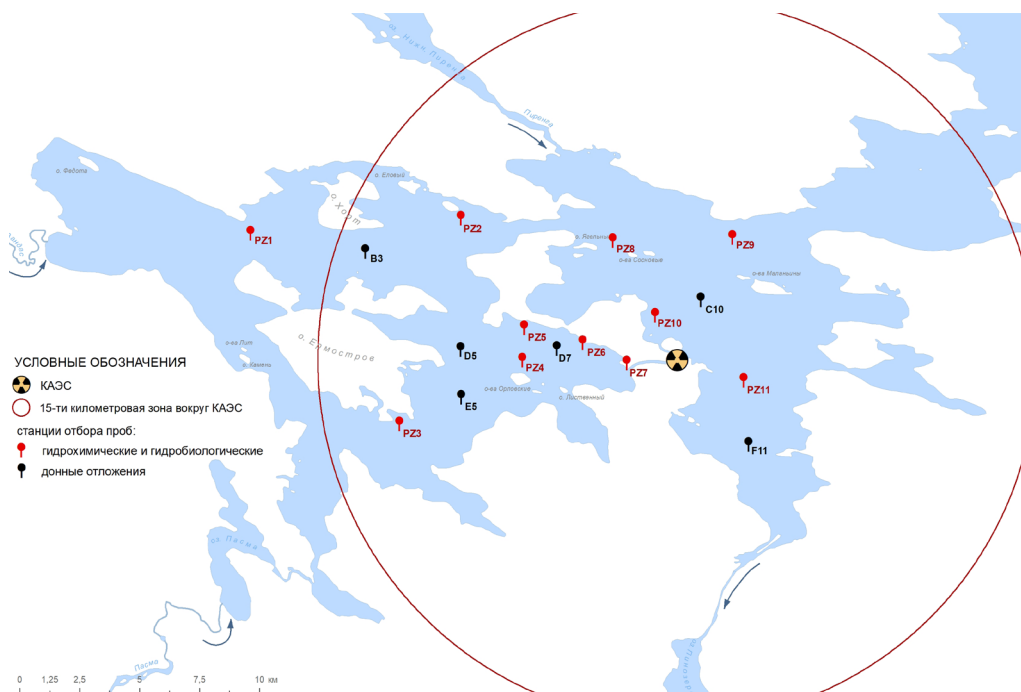


Рис. 9. 2. Схема отбора проб воды и донных отложений на озере Имандра

Марганец в поверхностные воды поступает в результате выщелачивания руд и других минералов, содержащих марганец. В оз. Имандра соединения марганца вносятся дополнительно со сточными и шахтными водами промышленных предприятий, но их влияние распространяется не так далеко по акватории. Главная форма миграции соединений марганца в поверхностных водах – взвеси, состав которых определяется в свою очередь составом пород и дренируемых вод. Ввиду слабого выщелачивания пород в оз. Имандра в поверхностных слоях содержится незначительное количество марганца: от 1.0 до 5.3 мкг/л, составляя в среднем 2.0 мкг/л. Максимальные концентрации отмечены в придонных слоях – до 6.7 мкг/л. В настоящее время в южных плесах оз. Имандра – БИ и ЙИ – концентрация марганца находится ниже принятой условно-фоновой для озер Кольского п-ова – 5.5 мкг/л.

Концентрации марганца в поверхностных водах подвержены сезонным колебаниям. Концентрации в летний период на значительном удалении от АЭС и в районах впадения крупных притоков (реки Пасма и Пиренга) иногда превышают концентрации в осенний период в 2-3 раза. Осеннее понижение концентрации ионов марганца в природных водах БИ происходит в результате реакции окисления, основными параметрами которой являются температура, концентрация растворенного кислорода и величина рН.

Дополнительно были рассмотрены концентрации ртути и свинца, во всех пробах их содержание менее 0.5 мкг/л, т.е. ниже предела их количественного определения [Сандимиров, 2020].

9.2. Геоэкологическая характеристика донных отложений

Материалы и методы. С целью определения геоэкологического состояния оз. Имандра в зоне влияния КАЭС проводились исследования химического состава донных отложений (ДО). Район работ охватывал губу Молочную, восточную часть акватории плеса БИ, западную часть акватории плеса ЙИ (губа Зашеечная), а также участки подводящего и сбросного каналов КАЭС. Отбирались образцы ДО на 6 станциях (В-3, С-10, D-5, D-7, Е-5, F-11) БИ и ЙИ (рис. 9.2) отборником колонок открытого гравитационного типа. Колонки ДО были послойно разделены на слои по 1 см, помещены в предварительно помытую кислотой полиэтиленовую посуду и отправлены в лабораторию для анализа. Первичная обработка проб ДО и определение содержания тяжелых металлов (ТМ – Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, As, Hg) проводились в Центре коллективного пользования ИППЭС по методикам, описанным ранее [Моисеенко и др., 2002; Даувальтер, 2012]. На некоторых станциях (В-3, D-7, F-11) были отобраны колонки ДО в тех же местах, на которых были отобраны образцы во время проведения съемки в 1993 г., результаты которой опубликованы ранее [Моисеенко и др., 1996, 2002]. Перечень анализируемых ТМ по сравнению с 1993 г. был дополнен As и Hg.

Вследствие загрязнения оз. Имандра сточными водами горно-металлургического комплекса, коммунально-бытовыми стоками населенных пунктов и промышленных предприятий на водосборе озера, ДО озера претерпели серьезные преобразования химического состава [Даувальтер, Кашулин, 2015; Даувальтер, 2019, 2020]. Эти изменения затронули также и акватории ЙИ и БИ [Моисеенко и др., 1996, 2002; Денисов и др., 2015]. Наиболее значительные изменения произошли в толще ДО станции С-10 (табл. 9.1). Здесь прослеживается аккумуляция ТМ, отмеченная ранее [Моисеенко и др., 2002] на акватории БолИ. Увеличение концентраций Ni в поверхностных слоях по сравнению с фоновыми произошло почти в 20 раз (с 38 до 700 мкг/г), Pb – в 4 раза (с 3.6 до 14.3 мкг/г), Cd – в 4 раза (с 0.20 до 0.83 мкг/г), Cu – в 3 раза (с 40 до 120 мкг/г), As – в 3 раза (с 8 до 25 мкг/г). Наряду с ТМ, наблюдается рост содержания Mn в 21 раз (с 0.17 до 3.6%), Fe в 3.6 раза (с 4.1 до 15%) и Sr в 3.3 раза (с 35 до 114 мкг/г). Увеличение содержания металлов по направлению к поверхности ДО связано с влиянием сточных вод комбината «Североникель», АО «Апатит», Оленегорского ГОКа и Африкандского рудоуправления, содержащих повышенные концентрации ТМ, сульфатов, флотореагентов.

На станции F-11 (Зашеечная губа), на которой были зафиксированы максимальные концентрации в поверхностных слоях ДО практически всех ТМ, четкого разделения на загрязненные и фоновые слои не зафиксировано. Это связано с тем, что на акватории этой станции происходило интенсивное осаждение взвешенного материала, связанное с изменением гидрологических условий, в первую очередь, с изменением скорости течения. Поэтому на этой станции скорости осадконакопления достаточно высокие, и 16-см колонки было недостаточно, чтобы захватить фоновые слои ДО, отложившиеся до индустриального освоения водосбора оз. Имандра. Другим объ-

яснением высоких концентраций ТМ по всей отобранной колонке на этой станции может быть также то, что в пос. Зашеек, находящимся вблизи станции F-11, недалеко от истока р. Нива, долгое время существовал лесозавод, к которому сплавливали лес по оз. Имандра. Дно озера в этом месте было усеяно древесным мусором и топляком, перемещение которого и могло привести к интенсивному перемешиванию верхней части ДО. В колонке ДО, отобранной на станции F-11 в Зашеечной губе в 1993 г. [Моисеенко и др., 2002], наблюдается довольно четкое разделение толщи ДО – на загрязненную поверхностную (0–6 см) с повышенными концентрациями приоритетных загрязняющих металлов (Ni и Cu) и более глубокую, с фоновыми содержаниями ТМ.

Значительные изменения химического состава произошли в толще ДО самых глубоких станций – D-5 и E-5 (глубина 33 и 38 м). Увеличение содержания Ni и Cu зафиксировано в верхних 2–4 см ДО. Заметное увеличение концентраций Pb отмечается на большей глубине ДО – начиная с 12 см на станции D-5 и 7 см на станции E-5. Установленная закономерность (заметное увеличение концентраций Pb на больших глубинах, чем содержания Ni и Cu) отмечается и на станции C-10. Этот факт может свидетельствовать о более раннем загрязнении Pb акваторий ЙИ и БИ по сравнению с загрязнением Ni и Cu, источником которых является, вероятно, комбинат «Североникель». Источником более раннего поступления Pb является, вероятно, глобальное загрязнение атмосферы Северного полушария, которое может быть также и источником начального загрязнения другими халькофильными высокотоксичными элементами, такими как Hg и As [Расуна, Расуна, 2001], значительное загрязнение которыми происходит в поверхностных частях ДО станций D-5 и E-5. В последние годы большой вклад в загрязнение этими элементами вносят промышленные источники, в первую очередь, горно-металлургические предприятия [Моисеенко и др., 1996, 2002; Даувальтер, 2012, 2019, 2020].

Не столь значительные изменения отмечены в толще ДО станции B-3, но они заметны в верхних 3 см колонки, особенно для таких ТМ, как Ni, Cu, Cd, Pb, Hg (рис. 9.3). Концентрации практически всех ТМ (за исключением Co) в поверхностных слоях ДО на этой станции меньше, чем на станциях D-5 и E-5. Зафиксировано существенное увеличение концентраций As в слое 3–4 см до 25 мкг/г с 1.3 мкг/г в самом глубоком слое этой колонки (19–20 см). Затем в верхних слоях происходит снижение содержания As до 8.2 мкг/г в поверхностном слое.

Подобное распределение этого элемента отмечено и в колонке ДО станции E-5, в которой в интервале 7–9 см происходит увеличение концентраций As до 17 мкг/г, а далее они уменьшаются в слое 2–7 см и увеличиваются до 9 мкг/г в поверхностном 1-см слое. Для Ni, Cu, Co, Zn и Pb отмечено практически полное совпадение в распределении содержания в колонках, отобранных в 1993 и 2011 гг., особенно для Ni и Cu. Это говорит о том, что, во-первых, условия седиментации не изменились за последние 20 лет, а, во-вторых, это является очень хорошим контролем качества проведения химических анализов в лаборатории водных экосистем ИППЭС. Концентрации Co немного выше в колонке, отобранной в 2011 г., а содержание Pb, наоборот, в ДО, отобранных в 1993 г., выше в 2–3 раза, но профили распределения

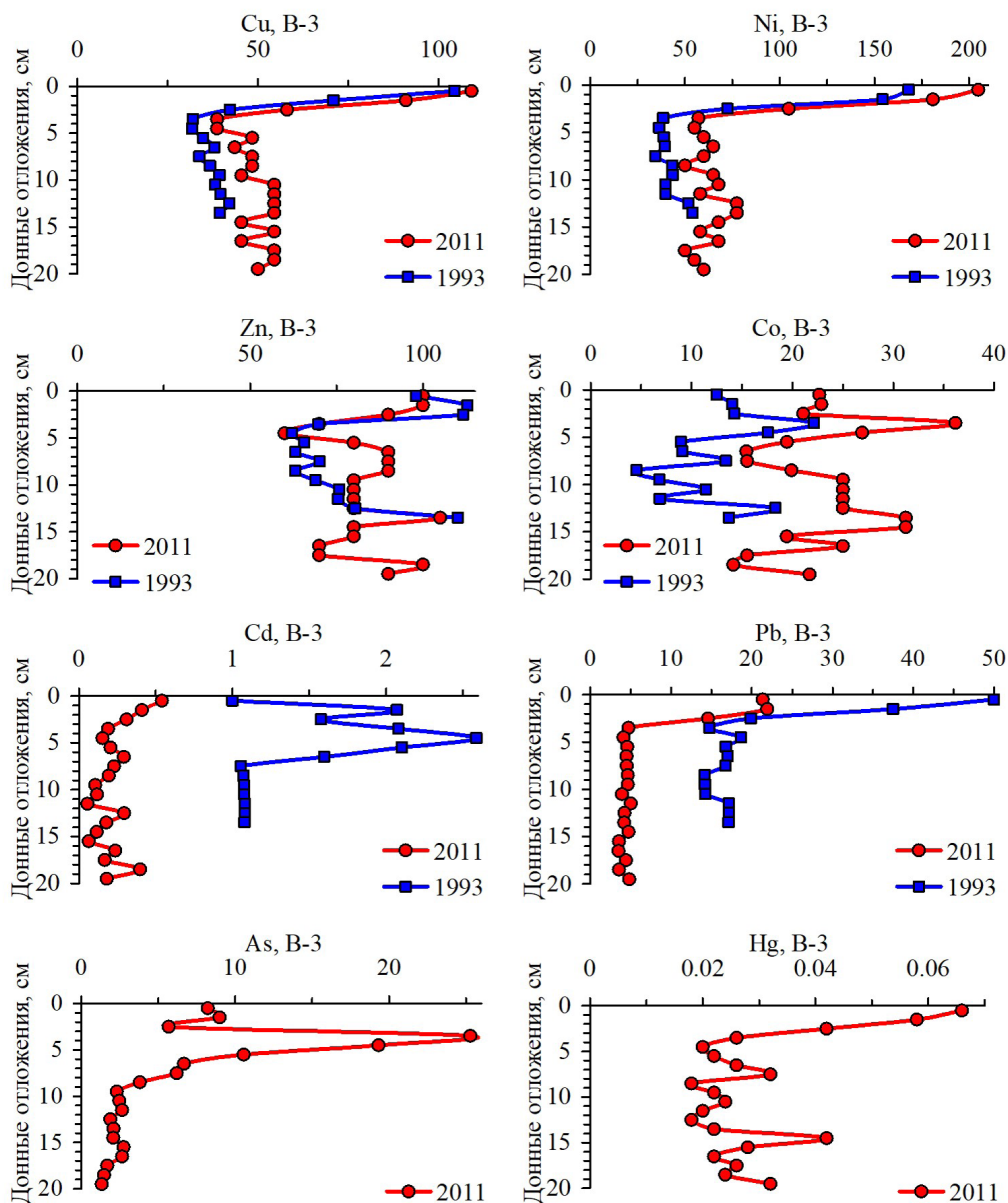


Рис. 9.3. Вертикальное распределение ТМ (мкг/г сух. веса) в ДО станции В-3

содержания этих ТМ в толще ДО, отобранных в 1993 и 2011 гг., совпадают.

В Молочную губу БИ сбрасываются подогретые на 10-12°C воды, используемые для охлаждения агрегатов КАЭС и забираемые из Глубокой губы ЙИ Поэтому акватория Молочной губы, наряду с тепловым загрязнением, испытывает также и влияние относительно более загрязненных вод ЙИ (рис. 9.3).

Вследствие этого, в колонке ДО станции D-7 наблюдается рост концентраций в поверхностных слоях Hg почти в 6 раз (с 0.01 до 0.058 мкг/г), Pb, Cd и Ni примерно в 3 раза (с 5.4 до 20, с 0.14 до 0.45 и с 52 до 130 мкг/г соответственно), As – в 2 раза (с 3.7 до 7.3 мкг/г). Вместе с тем, отмечено снижение концентраций Mn, Fe, Sr, Cr и Al по направлению к поверхности ДО. Повышенные содержания Ni и Cu отмечены только в самом поверхностном слое, а в интервале 1–4 см отмечается снижение концентраций этих металлов до минимальных значений в колонке ДО станции D-7 (рис. 9.4). Вероятно, это связано с аккумуляцией грубообломочного материала на акватории Молочной губы, связанной со строительством и первыми годами эксплуатации подводящего и сбросного каналов, да и в целом всей КАЭС. Этот грубообломочный материал мог поступать не только по каналам, но и воздушным путем с пылью со строительных площадок. Как и на станции B-3, отмечено практически полное совпадение в распределении содержания Ni, Cu и Zn в колонках, отобранных в 1993 и 2011 гг. Для Pb также зафиксирована аналогичная картина – содержание металла в ДО, отобранных в 1993 г., выше в 2-3 раза по сравнению с колонкой 2011 г., но профили распределения содержания Pb полностью совпадают.

Максимальные значения из всех исследованных станций коэффициента загрязнения (Cf – отношение концентрации элемента в поверхностном 1-см слое ДО к содержанию этого элемента в самой нижней части колонки, определяемого как фоновое [Håkanson, 1980]) и степени загрязнения (Cd), рассчитанной как сумма коэффициентов загрязнения восьми ТМ (Cu, Ni, Co, Zn, Cd, Pb, Hg и As), отмечены на станции C-10, куда поступают потоки водных масс, загрязненных стоками комбината «Североникель» и других промышленных объектов, расположенных на берегах оз. БолИ (табл. 9.1). На станции F-11, на которой были зафиксированы максимальные концентрации в поверхностных слоях ДО практически всех ТМ, значения коэффициента и степени загрязнения не самые высокие (табл. 8.1), что связано с описанными выше причинами.

В плесе БИ наибольшие значения коэффициентов загрязнения практически по всем ТМ и степени загрязнения (28.8 и 27.6, т.е. значительные по классификации Л. Хокансона) зафиксированы на станциях D-5 и E-5. На станции E-5 (самой глубокой из всех исследованных – глубина 38.4 м) зафиксированы наибольшие величины Cf для Pb и Cd – 7.4 и 4.9 соответственно из всех исследованных станций, а на станции D-5 наибольшее значение Cf для Cu – 3.8 (табл. 9.1).

Величины коэффициента загрязнения для ряда ТМ (Ni, Cd, Pb) на станции B-3 относятся к значительным по классификации Л. Хокансона (табл. 9.1), а для As – к высоким (и наибольшим среди всех исследуемых станций). В целом эта акватория оз. БИ характеризуется довольно высоким значением степени загрязнения (23.4 – значительные по классификации Л. Хокансона), что ненамного меньше, чем на станциях D-5 и E-5.

Наименее загрязненная станция из всех исследованных по результатам определения показателей загрязнения ДО станция D-7 (табл. 9.1), расположенная на выходе из Молочной губы. Однако здесь зафиксированы величины коэффициента загрязнения (для Cd, Pb и Hg), значительные по классификации Л. Хокансона. Для Hg значение Cf наибольшее (5.8) среди всех исследуемых станций. Таким образом, несмотря

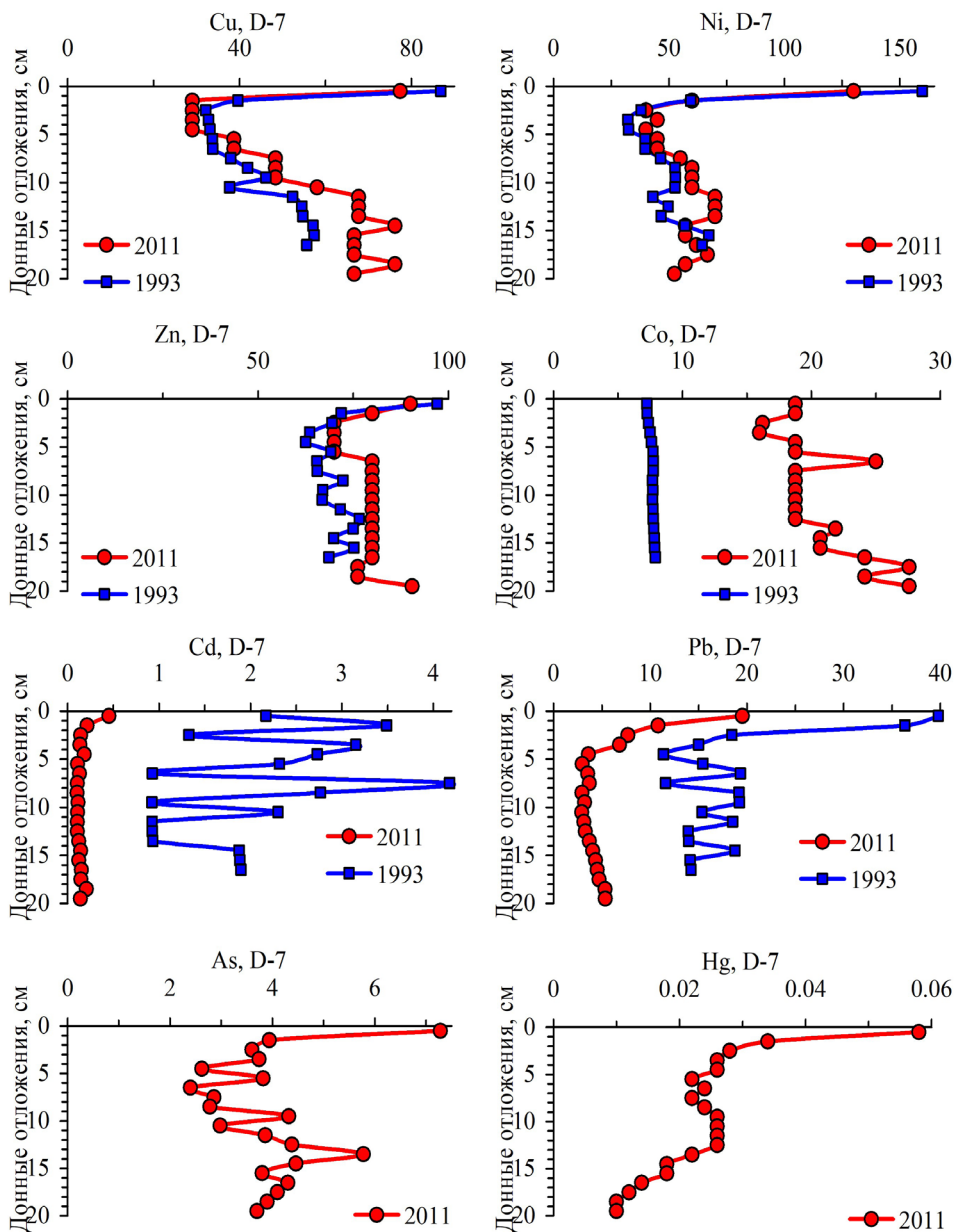


Рис. 9.4. Вертикальное распределение ТМ (мкг/г сух. веса) в ДО станции D-7

на наименьшие концентрации практически всех ТМ в поверхностных слоях ДО, зафиксированных на станции D-7, в целом она также характеризуется значительным загрязнением по классификации Л. Хокансона – величина Cd на этой станции равна 20, и наибольший вклад оказывают ТМ, отнесенные учеными-экологами в последнее время к глобальным загрязняющим ТМ – Cd, Pb и Hg [Расуна, Расуна, 2001].

Таблица 9.1. Концентрации (мкг/г сухого веса) металлов в поверхностных (0-1 см) и фоновых слоях донных отложений и значения коэффициента (C_p) и степени загрязнения (C_d) на исследованных станциях Йокостровской и Бабинской Имандры

Станция	Слой, см	Cu	Ni	Zn	Co	Cd	Pb	As	Hg	Cd
B-3	0-1	109	205	100	23	0.54	21.4	8.2	0.066	
	19-20	50	60	90	22	0.18	4.8	1.3	0.032	
	Cf	2.2	3.4	1.1	1.0	3.0	4.4	6.2	2.1	23.4
C-10	0-1	120	695	110	33	0.83	14.3	25.4	0.050	
	17-18	40	38	70	15	0.20	3.6	7.9	0.034	
	Cf	3.0	18.2	1.6	2.3	4.2	4.0	3.2	1.5	38.0
D-5	0-1	150	300	120	19	0.76	28.4	10.0	0.106	
	19-20	40	70	90	25	0.19	4.2	4.1	0.024	
	Cf	3.8	4.3	1.3	0.8	3.9	6.7	2.5	4.4	27.6
D-7	0-1	77	130	90	19	0.45	19.5	7.3	0.058	
	19-20	67	52	90	28	0.14	5.4	3.7	0.010	
	Cf	1.2	2.5	1.0	0.7	3.2	3.6	2.0	5.8	20.0
E-5	0-1	143	225	100	21	0.59	26.9	8.7	0.094	
	23-24	60	52	80	27	0.12	3.6	1.9	0.030	
	Cf	2.4	4.3	1.3	0.8	4.9	7.4	4.6	3.1	28.8
F-11	0-1	160	1143	210	62	1.47	23.8	18.0	0.060	
	15-16	50	248	160	34	0.40	7.2	22.9	0.024	
	Cf	3.2	4.6	1.3	1.8	3.6	3.3	0.8	2.5	21.1

Практически для всех колонок ДО исследуемых станций характерно увеличение содержания Ni и Cu в верхних 1–4 см. Различная мощность отложений, загрязненных этими ТМ, может свидетельствовать о разных скоростях осадконакопления в отдельных акваториях БИ и ЙИ По результатам исследований ДО можно сделать вывод, что влияние деятельности КАЭС на загрязнение БИ является незначительным, а основной вклад в него вносит деятельность горно-металлургических предприятий и глобальное загрязнение атмосферы халькофильными элементами.

9.3. Высшая водная растительность в зоне влияния подогретых вод

Материалы и методы. Систематическое изучение макрофитов губы Молочной и сбросного канала КАЭС началось в 2015 г. Для выявления состава флоры и высшей водной растительности в акватории губы весной и летом 2015–2016 гг. проведены наблюдения на трансектных маршрутах, проложенных по мелководьям от береговой линии до максимальной глубины обитаемости макрофитов (до 4–5 м). Устьевая зона сбросного канала пройдена поперечным профилем русла и маршрутами вдоль обоих берегов. В местах обнаружения местообитаний макрофитов проводились геоботанические описания по общепринятой методике [Катанская, 1981]: учитывалась глубина озера (русла), состояние дна (песчаное, каменистое, иловатое, с дресвяным наилком, заторфованное), глазомерно – мутность воды, видовой состав сосудистых растений и проективное покрытие видов сообщества; гербарные сборы переданы в Гербарий ИППЭС КНЦ РАН (INER).

Изучение годовой динамики развития макрофитных сообществ в условиях техногенного подогрева воды и колебаний уровня Имандры проводились на постоянном пункте наблюдений, заложенном в 2015 г. на правом берегу устьевой зоны канала. В отличие от приглубого левого берега с каменистым дном и сильным течением стремнины, правобережье гораздо более привлекательно для расселения макрофитов – мелководное, с преимущественно песчаным дном и обилием суводных участков, в том числе с обратным течением. Объект исследования – сообщество гидрофитов рдеста злакового и урути очерёдноцветковой, находящееся на глубине 0.5–1.3 м при среднем уровне воды в озере и подвергающееся осушению в моменты сброса воды. При выполнении геоботанических описаний определяли текущий состав сообщества, обилие видов, их жизненной состояние, фенотип, степень обрастания фитоперифитомом, характеристики экотопа (глубина, распространение зоны осушки, прозрачность воды, наличие скоплений микроводорослей). В 2016–2017 гг. мониторинг сообщества осуществляли в период активной вегетации. С марта 2018 по март 2019 г. проведен годовой цикл исследований

Флора и растительность макрофитов. Флора макрофитов губы Молочной насчитывает 9 видов водных растений из 5 семейств, ее ядро составляют погруженно-водные укореняющиеся гидрофиты, широко распространенные в Имандре: рдесты злаковый, продырявленный и длиннейший, уруть очередноцветковая, шелковник. Регулирование уровня воды с весенними периодами осушения и обнажения участков литорали и ветро-волновой режим открытых дренированных берегов приводит к слабому развитию гелофитной растительности – прибрежных зарослей тростника и осок не наблюдается. Прибрежные зоны заселяются земноводными видами: лютик стелющийся, болотник болотный, лисохвост равный, способными к периодической вегетации на суше.

По искусственно сформированным берегам канала и его окрестностям в воду заходят также антропохорные представители сухопутной флоры: щучка, щавель курчавый, мятлик однолетний и др., но, как правило, не приживаются надолго. Макро-

фитная растительность губы развита неравномерно. Центральная часть акватории пустынна вследствие отсутствия подходящих для высшей водной растительности экотопов (каменистое дно, глубины более 5 м). В бухтах периферической части губы, наименее термически загрязненных и эвтрофированных, на глубинах 1–5 м по песчаным, иловатым и слегка завалуненным участкам дна распространены редкотравные сообщества широколистных рдестов и урути, их параметры обилия и распространенности соответствуют таковым в фоновых условиях Кольских озер [Волкова, 1974].

Вблизи сбросного канала и расположенного у его устья рыбоводного хозяйства растительность макрофитов становится скудной, а большая часть пригодных для жизни экотопов – незаселенными. В сообществах возрастает доля урути очередноцветковой и рдеста злаколистного. Резкое увеличение обилия макрофитов отмечается лишь непосредственно в сбросном канале КАЭС, где уруть очередноцветковая и рдест злаколистный становятся массовыми видами (до 60–80% проективного покрытия, на глубинах 0.8–3.5 м по всему руслу, при этом, видовое разнообразие руслового участка ими и истощается).

Растительность береговых участков сбросного канала (глубины менее 0.5 м) более разнообразно, но нестабильно: адаптировались и ежегодно возобновляются только рдест злаколистный и лютик стелющийся – пионеры зарастания, устойчивые к условиям аллювиальности (меняющийся уровень воды и мощность течения, перемешивание и периодические свежие наносы грунта и пр. [Свириденко и др., 2012]. Уруть также присутствует, но угнетена. В 2016 г. в мелководьях правого берега появились рдест Берхтольда и болотник, ранее не отмечаемые в губе Молочная. В 2018 г. на осушенном берегу образовалась значительная куртина шильника водного и, таким образом, начало формироваться сообщество мелкотравных погруженно-водных макрофитов, но в 2019 г. из состава сообществ выпал шильник, а рдест Берхтольда и болотник «ушли» на более глубокие места и разрослись в зоне наблюдения. В этом же году отмечено появление в прибрежной зоне рдеста пронзеннолистного. Береговые группировки макрофитов сбросного канала, по сути, являются сообществами открытого типа, в которых глубинные и прибрежно-водные гидрофиты соседствуют с сухопутными заносами и состав сообществ меняется ежесезонно. В целом, состояние высшей водной растительности окрестностей сбросного канала КАЭС свидетельствует о среднем уровне эвтрофирования [Разумовская, Петрова, 2017], коррелирующим в губе с распространением подогретых и загрязненных вод.

Сезонные циклы развития макрофитных сообществ. Несмотря на то, что акватория губы Молочной остается свободной ото льда в течение всего года, наблюдения за состоянием популяций макрофитов в периферических районах губы не показали какого-либо существенного увеличения продолжительности вегетации, что согласуется с невысокими уровнями проективного покрытия ценозов (5-10%, редко до 20%). В зоне сбросного канала ситуация кардинально меняется. В условиях повышенной на 10-15° температуры воды растения активно вегетируют с февраля по ноябрь, до наступления полярной ночи. При этом, если побеги рдестов в это время полностью отмирают, то уруть успешно перезимовывает с жи-

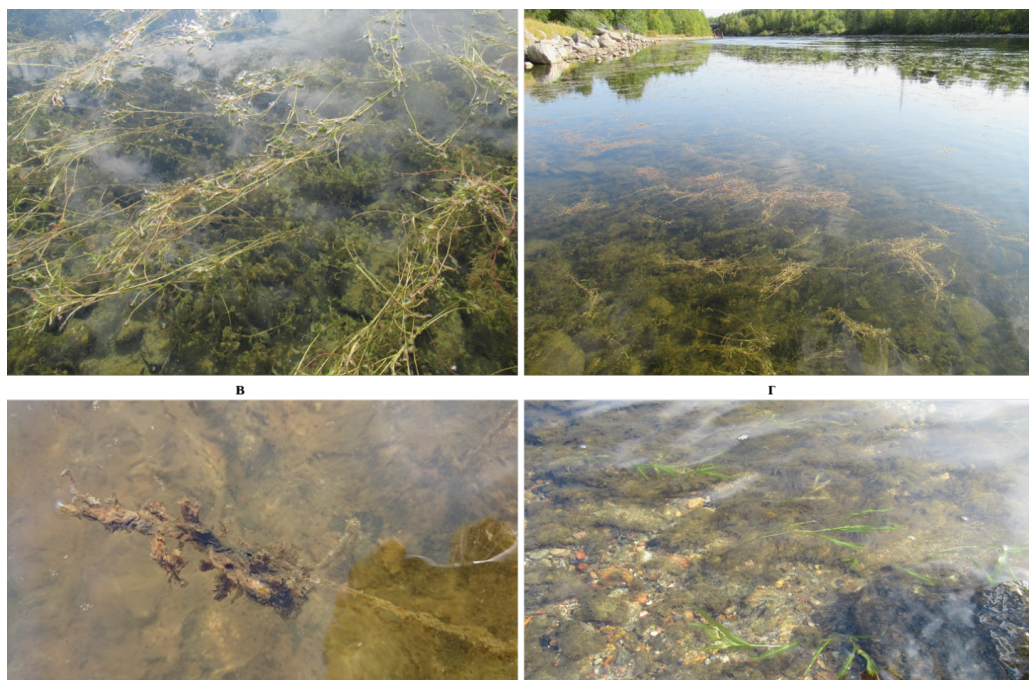


Рис. 9.5. Высшая водная растительность в приустьевом участке сбросного канала КАЭС

выми вегетативными побегами и даже образует новые, неолиственные. С февраля растения начинают активно развиваться (рис. 9.5) и к апрелю достигают вегетативной зрелости.

Однако, к этому времени альгоценозы фитопланктона и фитоперифитона также достигают пика развития и практически погребают под собой побеги макрофитов (рис. 9.5). Вода в устье сбросного канала мутнеет, многочисленные «маты» скопленных микроводорослей плывут по течению и накапливаются в прибрежных заводях. Происходит массовая гибель водных сосудистых растений на всем протяжении сбросного канала. Как показали исследования, весенние вспышки развития водорослей, приводящие к отмиранию макрофитов, повторяются ежегодно, в апреле. В мае сбросной канал очищается от морт-массы макрофитов и водорослей-обрастателей и к началу июня появляются новые побеги рдестов и урути, формирующие будущее летнее сообщество.

Сроки прохождения летних фенофаз у рдестов и урутей сбросного канала мало отличаются от растений фоновых условий Имандры, но прохождение их гораздо более активное – накопление биомассы идет быстрее, у рдестов практически ежегодно в июле-августе наблюдается выход листьев на поверхность и массовое цветение (рис. 9.5), в то время, как на остальной акватории Имандры рдесты зацветают только в благоприятные по погодным условиям годы. Уруть достигает рекордных для Мурманской области показателей обилия – до 80% проективного покрытия, побеги до 2.5 м длиной отмечаются даже на глубинах 3-4 м. При этом наблюдается обрастание

микроводорослями, особенно в суводях, достигающее до 50–70%, однако оно не ведет к гибели растений. Период естественного окончания вегетации и отмирания макрофитов - последняя декада октября –выражен более отчетливо у рдестов, сохраняющих сезонность развития, уруть в условиях подогретых вод приобретает признаки зимне-зелености, т.е. способности к круглогодичной вегетации, в условиях Заполярья, ограничиваемой световым режимом. Таким образом, за календарный год растения – доминанты гидрофитных сообществ сбросного канала проходят два жизненных цикла.

Проблемы макрофитного зарастания и цветения водоемов-охладителей и водохранилищ умеренных широт, ставшие актуальными с началом эксплуатации крупных объектов энергетики и теплоемких производств, привлекают пристальное внимание гидробиологов [Катанская, 1979, Каплан и др., 2015]. Одним из предлагаемых путей регулирования является создание сопутствующих рыбоводных хозяйств с преимущественным разведением рыб-фитофагов [Веригин, 1977].

В акватории губы Молочной в настоящее время подогрев не приводит к гипертрофированному разрастанию макрофитов по совокупности ряда причин, из которых наиболее влиятельными являются холодный климат и гидродинамика вод в акватории озера, не приводящая к ощутимому разогреву глубинных слоев периферии губы, отсутствие во флоре свободно-плавающих поверхностных гидрофитов и слабое распространение прибрежных гелофитов эдификаторов зарастания [Катанская, 1979, Протасов и др., 2017], а также наличие в зоне постоянного подогрева садкового рыбоводного хозяйства, смещающего баланс водной биоты в эвтрофную сторону – угнетения макрофитной и усиления микроводорослевой составляющей. Сезонные ритмы развития макрофитов и фитоперифитона в сбросном канале – пример раскачивания маятника балансовых отношений – пока носят компенсаторный характер. Двойной вегетационный период и активное нарастание биомассы способствуют усилению поглощения и иммобилизации в придонном слое загрязняющих веществ, таким образом, усиливается барьерная роль макрофитов в сдерживании эвтрофирования и загрязнения губы водами, поступающими по сбросному каналу из ИИ.

Исследование химического состава высших водных растений. Сделан первый шаг в изучении биогеохимических процессов миграции и биоаккумуляции различных химических элементов водными растениями. Количественные данные о содержании тяжелых металлов (ТМ) и редко земельных элементов (РЗЭ) – Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu в водных организмах послужат научной базой для нормирования антропогенной нагрузки на водоемы промышленного, рыбохозяйственного и питьевого назначения в АЗРФ.

Пробы воды и фитомассы водных растений отбирали 27 марта 2019 г. в литоральной зоне приустьевое участка сбросного канала КАЭС на глубине примерно 20 см от поверхности воды. Координаты места отбора: 67.461667°, 32.434444°. Определение содержания 43 элементов в воде сбросного канала КАС и водных растениях проводили на масс-спектрометре «ELAN 9000» (Perkin Elmer, США) с индуктивно связанной плазмой, руководствуясь ГОСТ Р 56219-2014 (ИСО 17294-2:2003).

Элементный состав воды сбросного канала КАЭС по результатам ИСП-МС

анализа удовлетворял требованиям по уровню ПДК в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, для водных объектов рыбохозяйственного значения исключение составляла концентрация меди (превышение в 3 раза), что объясняется относительной близостью к АО «Кольской ГМК» и перекачиванием в канал вод из «грязного» плеса. Химический состав растений был нормирован на состав воды, в которой они росли, и которая была их основной питательной средой. Такая нормировка позволила определить коэффициент биологического поглощения K_b (рис. 9.6).

Лидером по концентрированию из воды в ткани растений является группа Al, Ti, Fe, Ce. Наибольшая концентрация среди аналитов в воде была у Na, Ca, K и Mg. Однако, эти элементы, наряду с B, Sn, Cd, As аккумулировались растениями

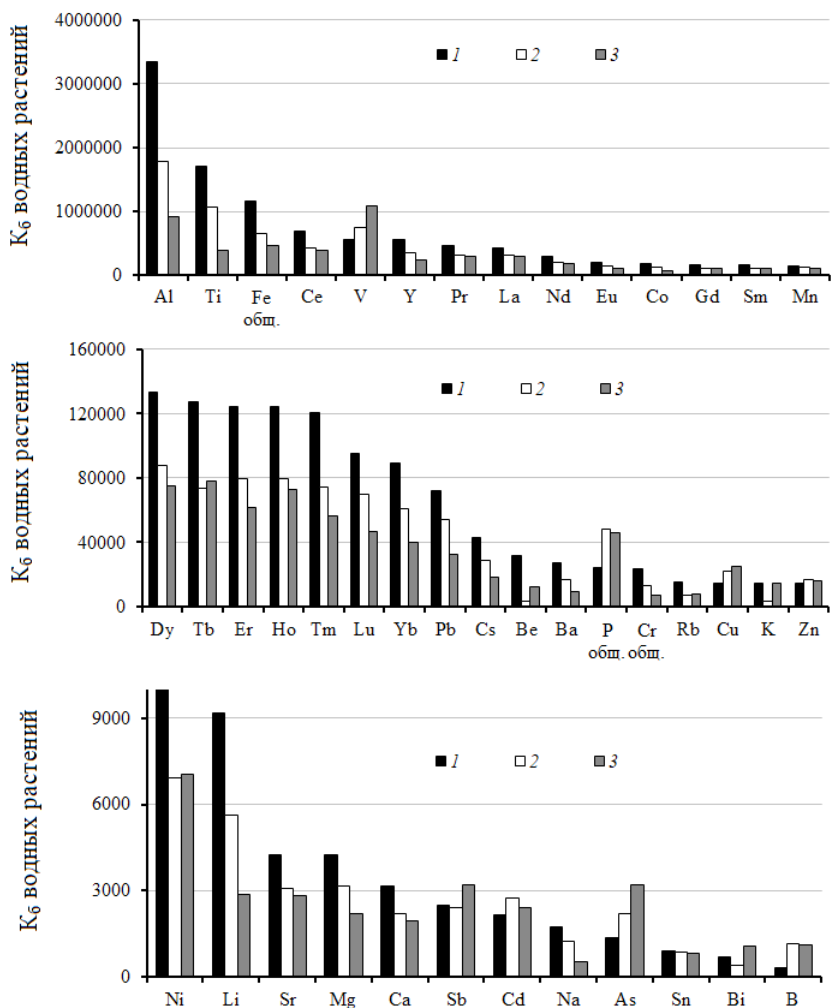


Рис. 9.6. Коэффициент биологического поглощения растений сбросного канала КАЭС в порядке убывания концентрации элементов:
1 – фонтиналис противопожарный, 2 – уруть очередноцветковая, 3 – рдест злаковый

в меньшей степени. Концентрация этих элементов в растениях достигала значений на два-три порядка больше, чем в воде, тогда как у Al, Fe, Ti, Se – на пять-шесть порядков. Тепловодная среда сбросного канала в период более длительной инсоляции в полярных широтах стимулирует активную элементную биоаккумуляцию, что может быть отмечено, как модельная особенность поведения водных растений в условиях потепления арктического климата.

Результаты анализа и литературные данные [Волков, 2016] показали корреляцию накопления катионов металлов в тканях растений с константой стойкости гуминовых комплексов этих металлов. Предполагается, что определяющим фактором при накоплении в растениях химических элементов является их поглощение в виде гуматных комплексов. Возможны другие пути поступления микроэлементов и тяжелых металлов в ткань растения, например, в виде гидроксидных и карбонат-ионов.

Данные по распределению РЗЭ в воде сбросного канала КАЭС могут быть использованы для установления регионального геохимического фона РЗЭ в компонентах аквальной экосистемы озера Имандра, гидросферного объекта Арктической климатической зоны, а так же для мониторингового прослеживания изменения химического состава природных водных сред Кольского полуострова в связи с повышенной антропогенной нагрузкой.

Биота сбросного канала КАЭС организована в динамическую систему, построенную на балансовых отношениях макрофиты – микроводоросли, не соответствующих природно-климатическим условиям Мурманской области. Это несоответствие обуславливает ее неустойчивость и высокую вероятность катастрофического разрушения при изменении любого параметра (внедрение инвазивного вида, изменение температурного режима, параметров сброса воды или режима работы садкового хозяйства и др.). В связи с этим, представляются необходимыми комплексные мониторинговые наблюдения водных экосистем сбросного канала и губы Молочной.

9.4. Альгоценозы и беспозвоночные

Материалы и методы. Отбор и анализ проб планктона и зообентоса был произведен согласно ГОСТ 17.1.3.07-82, с использованием рекомендованных стандартных методик, по схеме, принятой в ИППЭС КНЦ РАН [Методы..., 2019], на станциях отбора (рис. 9.7). Биомасса фитопланктона подсчитывалась счетно-объемным методом на основе определения индивидуального объема клеток (или плотных колоний) каждого вида, рассчитанного по формулам объема сходных геометрических фигур [Гусева, 1959; Кузьмин, 1984; Tikkanen, 1986]. Расчет индивидуальной массы организмов зоопланктона был выполнен на основе уравнения зависимости между длиной и массой тела планктонных коловраток и ракообразных [Ruttner-Kolisko, 1977; Балущкина, Винберг, 1979]. Подсчет численности и таксономическая идентификация водорослей осуществлялась в камере Нажотта объемом 0.1 мл на световом микроскопе «Motic BA300» с иммерсионным объективом. Названия таксонов были приведены в соответствии с международной альгологической базой данных [Guiry, Guiry, 2020]. Видовое разнообразие оценивалось по индексу Шеннона-Уивера. Для оценки качества вод был



Рис. 9.7. Карта-схема района работ и станции отбора проб

рассчитан индекс сапробности (S) методом Пантле и Букк в модификации Сладечека [Pantle, Buck, 1955; Sladечek, 1967]. Экологические характеристики обнаруженных таксонов были взяты из работы авторов [Баринаова и др., 2006].

Также был проведен спектрофотометрический анализ содержания хлорофилла а в планктоне для оценки физиологического состояния водорослей и их фотосинтетической активности. Концентрации фотосинтетических пигментов рассчитывались стандартными общепринятыми в мировой и отечественной практике методами [Минеева, 2004; Determination..., 1996, Денисов, Кашулин, 2013]. Трофический статус вод оценивался по шкале, предложенной С. П. Китаевым [2007].

Отбор проб донной фауны осуществлялся дночерпателем Экмана-Берджа (площадь захвата грунта $1/40 \text{ м}^2$). Количественные и качественные сборы из мелководных участков (на глубине $<1 \text{ м}$) производили с помощью сачка-скребка, снабженного рамой $30 \times 30 \text{ см}$, а также организмы собирали с определенной площади, используя количественную рамку с размерами $25 \times 25 \text{ см}$. Отбор и анализ бентосных проб проводили с использованием рекомендованных стандартных методик [Методы..., 2019].

Диатомовый анализ ДО выполнен стандартными общепринятыми методами, согласно принятой в ИППЭС КНЦ РАН схеме [Методы..., 2019].

Фитопланктон. Изучение реакции сообществ фитопланктона на так называемое тепловое загрязнение водоемов-охладителей атомных электростанций является одним из самых актуальных направлений исследований в мировой и отечественной практике с момента интенсивного развития атомной энергетики. Сведения о видовом составе

и количественных характеристиках водорослей позволяют судить о состоянии и устойчивости всей водной экосистемы в целом. Это особенно важно для решения вопросов рационального водопользования, поиска путей минимизации отрицательных экологических последствий антропогенного воздействия на экосистему водоемов-охладителей.

Всего в составе фитопланктона исследованных станций (2011–2016 гг.) был обнаружен 151 таксон водорослей и цианопрокариот рангом ниже рода в 6 отделах: диатомовые (Bacillariophyta) – 98; золотистые (Chrysophyceae) – 5; зеленые (Chlorophyta) – 19; харовые (Charophyta) – 7; динофитовые (Dinophyceae) – 6; цианобактерии (Cyanobacteria) – 16. Структура сообществ характеризуется преобладанием диатомовых водорослей по численности, биомассе и видовому разнообразию. Во все исследованные периоды, начиная с апреля, на всех исследованных станциях плесов БИ и ЙИ доминировали диатомовые водоросли, являющиеся типичными представителями флоры озера Имандра. В массе встречались *Asterionella formosa*, *Tabellaria fenestrata*, *T. flocculosa*, *Aulacoseira subarctica*; *A. islandica*, а также представители родов *Fragilaria* и *Staurosira*: *F. capucina*, *F. crotonensis*, *F. nanana*, *Staurosira construens*. Позиции субдоминантов занимали *Rhizosolenia longiseta*, *Ulnaria ulna*, *Aulacoseira alpigena*, *Cyclotella kuetzingiana* var. *planetophora*, *Diatoma tenuis*. Среди массовых видов золотистых водорослей господствующее положение занимали *Dinobryon divergens* и *D. cylindricum* var. *palustre*. Из зеленых водорослей встречались *Trochiscia granulata*, *Sphaerocystis Schroeteri*, а также десмидиевые – *Cosmarium* sp., *Staurastrum* sp. Цианобактерии были представлены *Dolichospermum lemmermannii*, *D. circinale*, *D. flosaquae*, *Chroococcus dispersus*, а также *Microcystis* sp., *Oscillatoria* sp.

В составе фитопланктона губы Молочная массовыми таксонами были космополиты, аркто-альпийские и бореальные виды, характерные для оз. Имандра. Среди водорослей, предпочитающих температуры выше 15 °С встречались диатомовые *Gomphonema parvulus*, *Rhopalodia gibba*, из динофитовых – *Ceratium hirundinella*. Эти же виды встречались и на других станциях, включая залив подводящего канала. В составе альгоценозов губы Молочная, в приустьевом участке канала сброса подогретых вод, постоянно присутствовали представители обрастаний и бентосные формы, в частности, обрывки нитей *Stigeoclonium* sp., *Mougeotia* sp., а также диатомовые – *Rhopalodia gibba*, *Cymatopleura solea*, *Ulnaria ulna* и др., очевидно, принесенные течением.

За счет наличия доминантных массовых видов (преимущественно диатомей) таксономическое разнообразие для исследованных станций оказалось сравнительно невысоким. Индекс Шеннона-Уивера (H') находился в пределах от 0.88 до 2.39 бит/экз. Более богатые в таксономическом отношении сообщества водорослей были характерны для губы Молочная, из-за обогащения планктонных форм бентосными и обрастателями, выносимыми течением из сбросного канала, а также присутствия золотистых водорослей, занимающих позиции доминантов. Так, в губе Молочная H' фитопланктона изменялся в пределах от 1.94 до 2.39 бит/экз. в зависимости от сезона.

По сравнению с результатами предыдущих исследований [Петровская, 1966; Антропогенные..., 2002; Шаров, 2004], сообщества фитопланктона губы Молочная в последние десятилетия претерпели ряд изменений (рис. 9.8). Так, доля динофи-

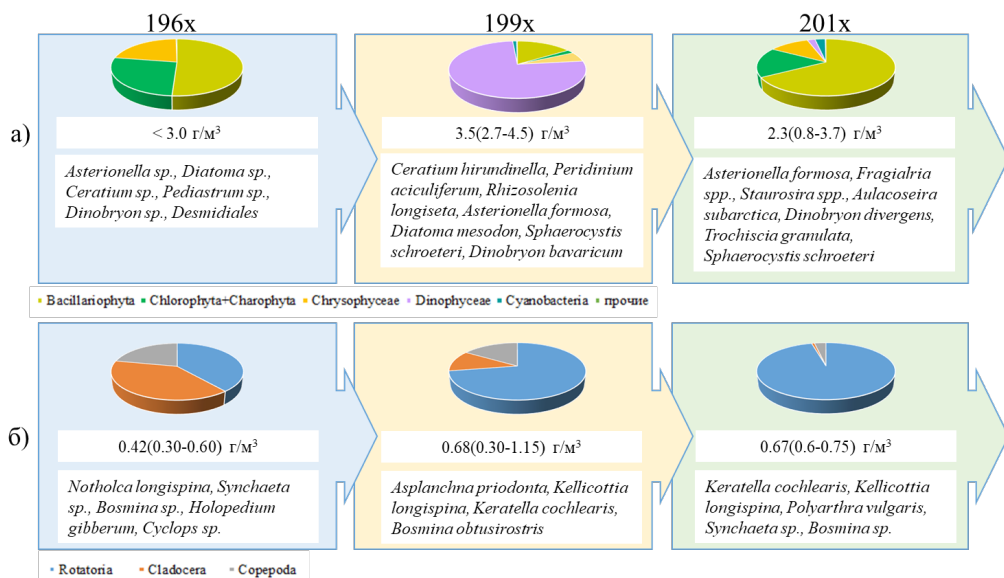


Рис. 9.8. Изменения доминирующих видов, биомассы (июнь–август) и соотношения основных таксономических групп сообществ планктона губы Молочной в различные периоды исследований: а) фитопланктон, б) зоопланктон

товых водорослей-термофилов в планктоне существенно сократилась; структура доминирования стала ближе к «фоновым» участкам оз. Имандра и напоминает существовавшую в 1960-е гг. в плесе БИ. Основные отличия таксономического состава в зоне влияния подогретых вод связаны с постоянным присутствием обрастателей и представителей бентосной альгофлоры, а также значительной долей (до 24%) бесшовных диатомовых родов *Fragilaria*, *Staurosira*, *Fragilariforma*, в то время как в участках с естественными температурами их доля не превышала 10%.

Средняя биомасса фитопланктона в исследованных участках плеса ЙИ – 2.1, в плесе БИ – 2.0, в губе Молочная – 2.3 г/м³. Отмечено снижение биомассы по сравнению с данными 1990-х гг., что свидетельствует о стабилизации условий в зоне влияния подогретых вод и об отсутствии положительной тенденции к развитию процессов эвтрофикации.

Содержание хлорофилла а в поверхностном слое воды на исследованных участках акватории варьировало в пределах 0.8–5.4 мг/м³, максимальная фотосинтетическая активность наблюдалась в июле. По содержанию хлорофилла а трофический статус вод исследованных плесов находился в пределах β-олиготрофного и β-мезотрофного. В зоне влияния подогретых вод содержание хлорофилла а в среднем составляет 2.4 мг/м³, что соответствует β-олиготрофному статусу. Существенного влияния подогретых вод КАЭС на процессы фотосинтеза выявлено не было, трофический статус губы Молочная по содержанию хлорофилла а и уровню биомассы оценивается как β-олиготрофный.

Индекс сапробности S для всех исследованных станций БИ, включая губу Молочную, находился в диапазоне 1.08–1.38 и соответствовал II классу качества («чистые

воды»). Воды плеса ЙИ занимают промежуточное положение между II и III («умеренно загрязненные») классами; S от 1.37 до 1.62. Эти результаты согласуются с данными о трофическом статусе вод, уровне биомассы фитопланктона и содержанием нитратов.

Помимо температурного фактора, развитие фитопланктона в зоне теплового загрязнения определяется интенсивной циркуляцией водных масс между плесами БИ и ЙИ, что, очевидно, является одним из основных искусственных механизмов регуляции состояния экосистемы губы Молочная. Несмотря на постоянное поступление биогенных элементов, в результате эксплуатации рыбных садков, интенсификации процессов эвтрофирования не наблюдается вследствие активного гидродинамического перераспределения водных масс между губой Молочная и остальной частью акватории.

Активной утилизации биогенных элементов водорослями способствует повышенная температура воды, обильное развитие высшей водной растительности и раннее начало периода вегетации. Воды плеса ЙИ в значительной степени подвержены как антропогенному эвтрофированию, так и загрязнению токсичными соединениями, которые, в свою очередь, поступают в губу Молочная в ходе эксплуатации охладительной системы КАЭС. Это является фактором риска и угрозы нарушения установившегося в настоящее время равновесия в функционировании экосистемы губы, что особенно актуально в связи с глобальными и региональными климатическими изменениями. Необходимым условием контроля за состоянием экосистемы водоема является организация комплексного экологического мониторинга в зоне влияния КАЭС.

Зоопланктон. В составе зоопланктона в исследованных станциях были обнаружены виды, типичные для холодноводных водоемов и являющиеся stenothermo-холодноводными по отношению к термическому фактору. Массового развития теплолюбивых форм зафиксировано не было. В зоопланктоне плеса ЙИ доминировали *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Notholca caudata*, *Synchaeta* sp. Н' по численности колебался в пределах 1.4–1.8 бит/экз. Число доминирующих видов сообщества зоопланктона плеса БИ составило 10: *Asplanchna priodonta*, *Brachionus calyciflorus*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Synchaeta* sp., *Trichocerca* sp., *Notholca caudata*, *Bosmina obtusirostris*, *Cyclops* sp. В период с июля по август в составе сообществ превалировали stenothermo-холодноводные «мирные» коловратки *K. cochlearis* и *P. vulgaris*. Индекс видового разнообразия Н' по численности в июле варьировал в диапазоне от 1.7 до 2.3 бит/экз. В губе Молочная доминирующими представителями зоопланктона также были коловратки *K. cochlearis* и *P. vulgaris* (47.7 и 45.6% общей численности, соответственно).

Летняя биомасса зоопланктона в плесе ЙИ варьирует от 0.66 до 1.90, в БИ – от 0.4 до 1.38, в губе Молочная – от 0.60 до 0.75 г/м³. Трофический статус вод, оцениваемый по биомассе зоопланктона, для ЙИ и БИ занимает промежуточное положение между α - и β -олиготрофным. Таким образом, уровень биомассы в условиях влияния подогретых вод в настоящее время соответствует значениям, характерным для других участков исследованной акватории с естественным температурным режимом.

По сравнению с результатами предыдущих исследований, в губе Молочная произошли некоторые изменения в структуре доминирования, а также увеличилась доля коловраток, при этом средняя биомасса зоопланктона осталась на прежнем уровне.

Индекс сапробности S , рассчитанный по показателям зоопланктона, на исследованных участках акватории варьировал от 1.4 до 1.8, что соответствует классам качества вод от II («чистые») до III («умеренно загрязненные»). В губе Молочная в зоне влияния подогретых вод S в среднем составил 1.75, что соответствует III классу качества вод. Кардинальных отличий от акватории с естественным температурным режимом выявлено не было.

Таким образом, в губе Молочной на протяжении всего периода исследований отмечено удлинение вегетационного периода в развитии зоопланктеров и массовое присутствие мелких форм, имеющих короткий жизненный цикл – коловраток. Происходит быстрая утилизация поступающих биогенных элементов и органических веществ зоопланктерами-фильтраторами, за счет чего повышается самоочистительная способность данной акватории озера. В многолетнем ряду наблюдений сохраняется тренд на увеличение доли коловраток наряду с сокращением ценного в трофическом отношении рачкового планктона. Гидродинамические процессы, связанные с циркуляционным потоком вод, способствуют выравниваю трофических условий между плесами БИ и ЙИ, повышают интенсивность водообмена. Поступление подогретых вод в водоем после полного их перемешивания в настоящее время не оказывает выраженного отрицательного влияния на сообщества зоопланктона.

Перифитон. Сообщества фитоперифитона (водоросли-обрастатели) являются наиболее показательными индикаторами в динамичных условиях текучих вод, поэтому наилучшим образом подходят для анализа качества вод в каналах АЭС: подводящем и сбросном. В отличие от планктона, для фитоперифитона были выявлены кардинальные различия в составе сообществ, численности и биомассе между сбросным и подводящим каналом, обусловленные, преимущественно, разницей в температурных режимах.

Водоросли и цианопрокариоты фитоперифитона развиваются в сбросном канале в течение всего года. Максимальное развитие приходится на август. Общее покрытие литоральной зоны составляет 90–100 % каменистой литорали и 50–65 % галечно-песчаной. Кроме того, водоросли активно используют высшую водную растительность в качестве субстрата. В подводящем канале и на литорали залива высшая водная растительность не развивается, а водоросли перифитона представлены, преимущественно, диатомовыми водорослями (до 100 %), а в августе появляются представители Chlorophyta и Charophyta (до 9 %) и Cyanobacteria (до 6 %).

В приустьевом участке сбросного канала КАЭС на каменистой литорали в массе развиваются представители трех крупных таксономических категорий: Bacillariophyta, Chlorophyta и Charophyta, менее многочисленны Cyanobacteria. Кроме того, в составе сообществ обнаружены представители Dinophyceae, Chrysophyceae, Cryptophyta, Euglenozoa, входящие, преимущественно, в состав метафитона. Всего было обнаружено 225 таксонов водорослей и цианопрокариот рангом



Рис. 9.9. Массовое развитие фитоперифитона в приустьевом участке канала КАЭС в апреле (2016 г.)

ниже рода, из которых диатомовых (Bacillariophyta) – 169, зеленых (Chlorophyta) – 23, харовых (Charophyta) – 11, динофитовых (Dinophyceae) – 3; цианобактерий (Cyanobacteria) – 13, золотистых (Chrysophyceae) – 3, криптофитовых (Cryptophyta) – 2, эвгленовых (Euglenozoa) – 1.

В связи с ранним началом сезона вегетации, сезонная динамика фитоперифитона в приустьевом участке канала уникальна для субарктических водотоков. Массовое развитие водорослей и цианопрокариот начинается в апреле, при этом субстратом служат первые весенние побеги высшей водной растительности, жизнедеятельность которых в этот период подавляется (рис. 9.9). Массовыми видами фитоперифитона являлись *Fragilariaca pucina*. и другие мелкие представители пор. Fragilariales, *Meridion circulare*, *Melosira varians*, *Ulnaria ulna*, *Cymbella cistula*, *C. tumida*, *Gomphonema truncatum*, *Oscillatoria* cf. *limosa*, стерильные нити *Spirogyra* sp., *Stigeoclonium* sp., *Meogetia* sp. В мае и июне происходит сокращение численности перифитона, что вновь позволяет развиваться высшей водной растительности. В августе и сентябре обилие обрастаний вновь увеличивается и совпадает с массовым развитием высших водных растений. В этот период доминантами становятся представители зеленых водорослей: *Stygeoclonium* sp., *Bulbochaete* sp., *Ulothrix zonata*, диатомовых – *Melosira varians* и харовых – *Spirogyra* sp. и *Mougeotia* sp. В этот же период в массе развиваются эпифитные представители пор. Fragilariales: *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *Staurosira construens* f. *venter*, *Fragilariforma virescens*, *Staurosirella pinnata*, а также *Gomphonema acuminatum*, *Gomphonella olivacea*. Интенсивная вегетация фитоперифитона заканчивается, в зависимости от метеорологических условий, в начале или середине октября.

Индексы сапробности, рассчитанные по показателям сообществ фитоперифитона, составили 1.30 в подводящем канале и 1.71 – в сбросном. Таким образом, согласно ГОСТ 17.1.3.07-82, воды подводящего канала могут быть отнесены ко II классу качества («чистые воды»), а сбросного – к III («умеренно загрязненные»). Перифитон играет большую роль в экосистеме сбросного канала, в определенной степени являясь модулятором развития высшей водной растительности и одним из утилизаторов биогенных элементов, замедляющих развитие процессов эвтрофикации в губе Молочная.



Рис. 9.10. Раковины беззубки (*Anodonta* sp.), обнаруженные в губе Молочной

Зообентос. Влияние подогретых вод КАЭС на донную фауну оз. Имандра ограничено акваторией в пределах губы Молочная. В настоящее время в водосбросном канале сформированы литореофильные бентосные сообщества, представленные 32 видами и формами беспозвоночных. В составе малакофауны выявлены виды, не характерные для водоемов региона – двустворчатые моллюски сем. *Unionidae* – *Anodonta* sp. (рис. 9.10.) [Валькова, Кашулин, 2013] и популяция брюхоногих моллюсков *Physella acuta* [Нехаев, Палатов, 2016]. Доминируют в бентосе сбросного канала хирономиды родов *Monodiamesa*, *Cricotopus* и *Procladius*, доля которых в сообществах составляет в среднем 55%, субдоминантом являются брюхоногие моллюски родов *Lymnaea* и *Valvata* (40%) и олигохеты (25%). В среднем, численность и биомасса макрозообентоса оценивается в 1500 экз./м² и 29 г/м², при варьировании этих показателей с апреля по сентябрь от 270 до 2600 экз./м² и 5.5–52 г/м², соответственно. По состоянию литоральных сообществ зообентоса приустьевое участка сбросного канала качество вод оценивается как II класс («чистые воды»).

В глубоководной зоне губы Молочная сформирован пелофильный (на иле) биоценоз, основу которого составляют моллюски *Euglesa* sp. (37%), хирономиды (23%) и олигохеты (20 %). В составе хирономидных комплексов в зоне влияния подогретых вод преобладают хирономиды подсемейства *Tanipodinae*, с увеличением глубины и удалением от сбросного канала возрастает доля холодноводных оксифильных личинок подсемейства *Orthoclaadiinae*. Средние значения численности (500 экз./ м²) и биомассы (1,8 г/м²) бентоса в губе Молочной выше, чем в целом по плесу БИ и сопоставимы со значениями, характерными для плеса ЙИ, воды кото-

рого характеризуются более высоким трофическим статусом. Массовому развитию этих групп способствует температурный режим акватории и приток биогенных элементов и органического вещества, поступающих в водоем в ходе эксплуатации форелевого хозяйства. Помимо температурного фактора на состав и структуру донных сообществ беспозвоночных значительное влияние оказывает характер грунтов: минимальные количественные показатели и разнообразие отмечены на станциях, где в поверхностных слоях донных отложений присутствуют плотные железо-марганцевые конкреции (70–300 экз./м²), более высокие показатели зарегистрированы для илистых грунтов и глины (350–500 экз./м²).

Влияние теплового загрязнения на бентосные сообщества оз. Имандра ограничено зоной в пределах губы Молочная, где сформированы устойчивые донные биоценозы. За пределами этой зоны изменений в составе и структуре бентофауны не наблюдается, доминируют в глубоководных биоценозах стенотермные холодноводные амфиподы *Monoporeia affinis*. По уровню развития бентоса акватория трофический статус губы Молочная варьирует от олиготрофного (глубоководные участки) до мезотрофного (водосбросной канал и прилегающие к нему участки).

Диатомовые комплексы донных отложений. Колонки донных отложений (ДО), полученные на выбранной глубоководной станции – на выходе из губы Молочной (станция D7, рис. 9.2.), позволили исследовать продолжительный этап исторического развития водоема, включая так называемый «доиндустриальный» период. Очевидно, скорость осадконакопления на этом участке невысока, и седиментогенез в меньшей степени зависит от течения сбросного канала, так как взвешенные вещества оседают ближе к устью. В то же время диатомовые комплексы, сформированные здесь, отражают все происходящие в экосистеме процессы, включая динамику температурного режима. Характер распределения ТМ в ДО тяжелых металлов подтверждает невысокие темпы седиментации на исследованном участке. Выявлено значительное увеличение содержания Hg, и Cd в верхних слоях отложений, начиная с глубины 5 см. Таким образом, был определен период, охватывающий интенсивное промышленное загрязнение оз. Имандра, приблизительно соответствующий 1930–1970 гг. Максимальные концентрации ТМ в современных слоях ДО обусловлены перекачкой КАЭС загрязненных вод из ЙИ в БИ и соответствуют периоду с 1973 по 2011 гг. Более древние слои отложений были сформированы в «доиндустриальный» период развития экосистемы водоема.

По направлению от нижних слоев ДО к верхним выявлены существенные перестройки в составе и структуре диатомовых комплексов и их количественных характеристиках. На протяжении исследованного периода происходила смена доминирующих групп диатомей, появление и исчезновение отдельных видов. Выявлен выраженный тренд к увеличению общего обилия диатомовых водорослей, при этом наиболее резко (почти в два раза) их численность возросла в современном слое ДО, как результат непосредственного влияния подогретых вод КАЭС наряду с поступлением биогенных элементов из плеса ЙИ (рис. 9.11, а). Весь исследованный период формирования ДО в составе диатомовых водорослей господствовали планктонные формы центрических

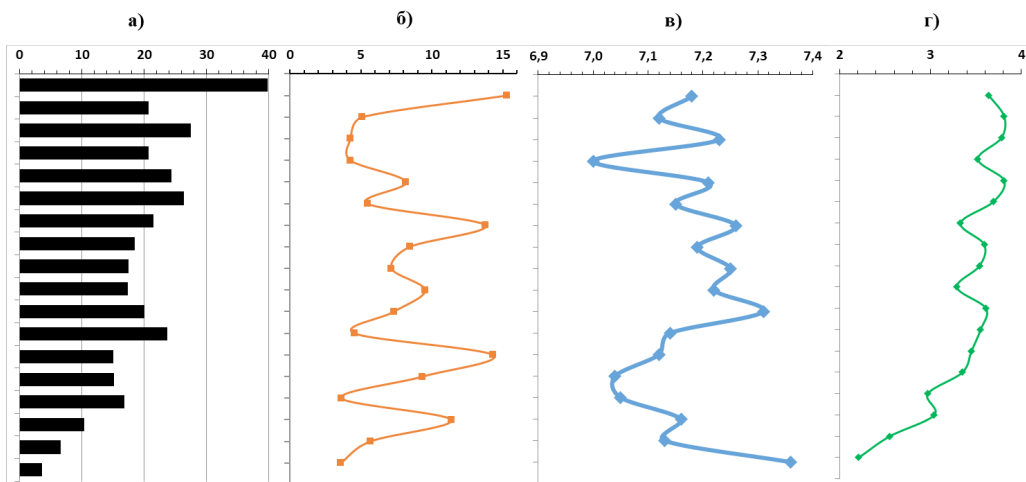


Рис. 9.11. Динамика некоторых показателей диатомовых комплексов донных отложений губы Молочной: а) – общее обилие диатомей, экз./г.сух.в-ва; б) доля термофилов в составе диатомовых комплексов, %; в) исторические значения рН, реконструированные по диатомовым комплексам; г) индекс разнообразия Шеннона-Уивера, бит/экз.

диатомей. Наиболее массовыми были типичные пресноводные виды, и только с середины колонки резко увеличивается доля солоновато-водных диатомей. Усиление минерализации вод, вероятно, определялось природными процессами, связанными с потеплением климата и интенсификацией эрозионных процессов на водосборе; впоследствии свой вклад внесло и промышленное загрязнение [Денисов и др., 2015].

В диатомовых комплексах присутствуют аркто-альпийские виды, что является типичной чертой водоемов Субарктики. Отмечено увеличение доли бореальных видов в середине разреза, что свидетельствует о более теплом периоде климата. Историческая динамика количества тепловодных диатомовых водорослей имеет сложный характер (рис. 9.11, б). Максимальная их доля отмечена в современном, поверхностном слое ДО. Следует отметить, что озеро сохраняло черты холодноводного водоема весь исследованный период, и присутствие термофилов, вероятно, не определяется только лишь температурным фактором, а зависит от всего комплекса условий среды.

Историческая динамика интегральных значений рН характеризуется некоторым трендом к снижению по направлению к поверхностным слоям отложений (рис. 9.11, в)). В целом, активная реакция воды соответствует слабощелочной, что хорошо согласуется с современными гидрохимическими данными и подтверждается результатами предыдущих исследований [Каган, 2001]. По направлению от древних слоев к современным увеличивается видовое разнообразие диатомей (рис. 9.11, г). Резкое увеличение H' в наиболее старых из исследованных слоев иллюстрирует заселение озера новыми видами диатомей в ходе окончания Малого ледникового периода. Наиболее разнообразны диатомовые комплексы в поверхностных ДО, когда

число видов пополнилось реофильными диатомеями, развивающимися в сбросном канале КАЭС и его приустьевом участке.

Можно выделить четыре этапа в развитии экосистемы водоема. Первый этап охватывает наименее благоприятный для развития диатомей период, соответствующий последнему этапу Малого ледникового периода. На втором этапе на фоне потепления климата произошло увеличение общего обилия и видового разнообразия диатомей, сформировались литоральные и бентосные сообщества водорослей, увеличился сток с водосбора, что, вероятно, способствовало поступлению подкисленных болотных вод. Начало третьего этапа связано с изменением температурного режима водоема в ответ на дальнейшее потепление климата наряду с трансформацией гидрохимических параметров. На этом этапе возросла минерализация вод, как результат интенсификации эрозионных процессов на водосборе. Окончание этого этапа было ознаменовано началом промышленного загрязнения водоема, когда выпадение кислотообразующих соединений привело к снижению рН [Денисов и др., 2015].

Четвертый, современный этап характеризуется резким увеличением общего обилия диатомей, причиной чего стал ввод в эксплуатацию КАЭС. Интенсификация продукционных процессов водорослевых сообществ плеса БИ определяется не только новым температурным режимом, но и изменением гидрологических и гидрохимических условий: изменением естественной картины течений при строительстве дамбы и поступлением биогенных элементов и загрязнителей из плеса ЙИ.

9.5. Ихтиофауна

Материалы и методы. Исследования рыбного населения плесов ЙИ и БИ проводились в рамках проекта «Проведение анализа влияния технического (циркуляционного) водоснабжения КАЭС на экосистему оз. Имандра» в августе-октябре 2011г. Отлов рыб производился в районе протоки Узкая Салма, охватывал часть акватории к востоку от о. Роватостров, северо-западную оконечность и восточную части мыса Светлокаменный Наволок (губа Глубокая/Чувдискетьклухт). В юго-восточной части Бабинской Имандры сети выставлялись в акватории к западу и югу от о. Хорт, в акватории губы, ограниченной мысом Ермынчъярк. Вылов рыб в губах Кунчаст и Молочная проводился по всей акватории (рис. 9.12). Отбор ихтиологического материала осуществлялся набором ставных жаберных сетей длиной 25 м, высотой 1.5 м с размерами ячеей от 10 до 50 мм, которые устанавливались в литоральной зоне по одной перпендикулярно берегу, в профундальной зоне – в один порядок до 10 и более сетей. В толще воды (пелагиали) выставлялись плавные сети длиной 25 м высотой 3 м с ячейей от 6 до 60 мм, по схеме, принятой в ИППЭС КНЦ РАН [Методы..., 2019]. У выловленных рыб определяли массу, длину, пол, стадию зрелости гонад, степень жирности и наполнения желудка. Определение возраста проводилось с использованием бинокуляра МБС-10 [Известия..., 1956; Мина, 1981; Правдин, 1966].

В настоящее время в состав ихтиофауны БИ в зоне влияния КАЭС входит 12 нативных видов (табл. 9.2, рис. 9.12).

Кроме них в плесе присутствуют 2 вида-интродуцента, из них карп полностью



Рис. 9.12. Типичные представители ихтиофауны оз. Имандра: 1) ряпушка, 2) щука, 3) окунь, 4) голец, 5) ерш, 6) сиг, 7) корюшка, 8) налим, 9) хариус

натурализовался в зоне теплых вод, микижа преимущественно разводится в садках рыбоводного хозяйства, но также образовала дикую (натурализовавшуюся) самовоспроизводящуюся популяцию. Ещё 2 вида (ленский осетр и бестер) содержатся в аквакультуре, в небольших количествах уходят из садков и встречаются в уловах рыбаков – любителей, но не натурализовались [Королева, Терентьев, 2019].

Таблица 9.2. Изменения в ихтиофауне плеса Бабинская Имандра (в зоне влияния КАЭС)

Русское название	Период исследований (гг.)			
	197х	198х	199х	201х
Кумжа	++	+	+	+
Арктическийголец	+++	++	+	+
Микижа*	-	++	++	++
Обыкновенный сиг	+++	++	++	++
Европейская ряпушка	+++	++	+	++
Европейский хариус	++	++	+	+
Европейская корюшка	-	-	+	+++
Обыкновенная щука	+	+	+	+
Обыкновенный ерш	+	+	++	+++
Речной окунь	+	+	++	+++
Обыкновенный налим	+	+	+	+
Обыкновенный карп*	-	+	++	++
Обыкновенный голянь	++	++	++	++
Девятииглая колюшка	++	++	++	++

Примечания: «-» – вид отсутствует; «+» – вид редко встречается; «++» – вид широко распространен; «+++» вид-доминант; * встречается только (преимущественно) в губе Молочная

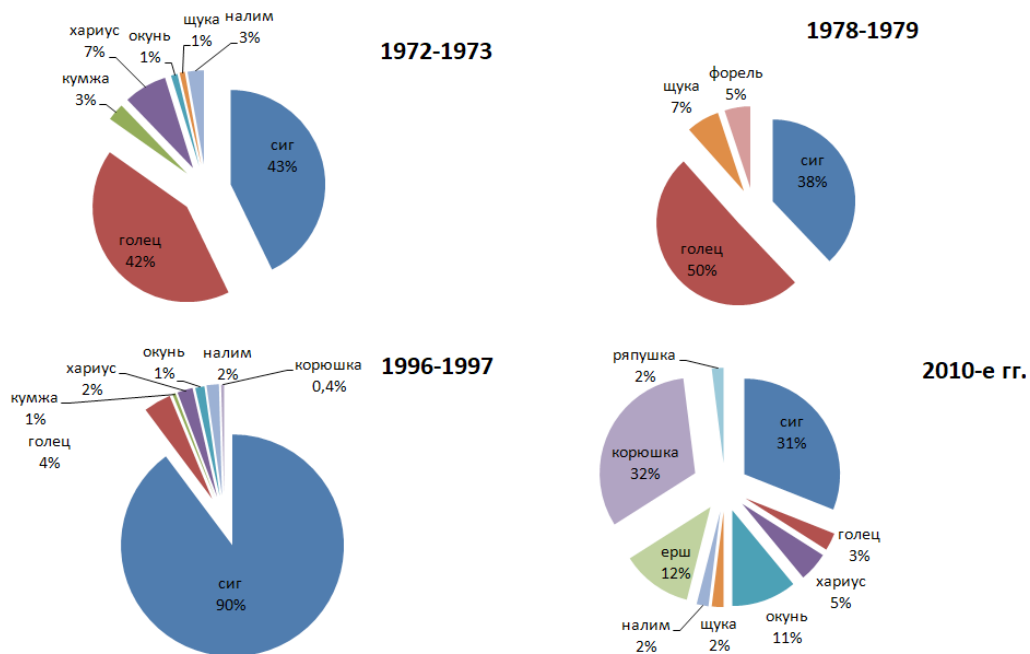


Рис. 9.13. Динамика соотношения численности различных видов рыб в контрольных уловах в зоне влияния КАЭС за период наблюдений

По сравнению с прошлым веком, в уловах регистрируется снижение численности сегов, ряпушки, кумжи и гольца, и увеличение доли окуня, ерша и корюшки (рис. 9.13).

Состояние популяций отдельных видов

Кумжа (озерная форель). В оз. Имандра из всех представителей семейства лососевые кумжа имеет крайне низкую численность. Наиболее крупная особь массой более 6 кг и длиной 79 см была поймана в 1990-е гг. [Моисеенко и др., 2002].

В контрольных сетных уловах 1972–1975 гг. она составила 3.6% от общего вылова рыбы (всего за три года поймано 27 экз.). Максимальные размеры достигали 2220 г при длине АС 56.3 см. За период 1980–83 гг. было поймано 9 экз., самый крупный весил 1680 г и достигал длины 52 см. Во время экспедиционной съемки 1996-97 гг. была поймана 1 самка массой 348 г и длиной 30 см.

По результатам собственных исследований в 2011 г. в целом по плесу Бабинская Имандра средняя длина АС составляли 31.9 см (от 20.8 до 44.5 см), масса 487 г (от 125 до 1165 г) соответственно. Наиболее крупный экземпляр, пятилетняя (4+) самка, имел массу 1165 г и длину 44.5 см (табл. 9.3). Общее число пойманных рыб составило 21 экз. По свидетельствам рыбаков-любителей в пределах БИ в настоящее время встречаются отдельные крупные экземпляры кумжи (до 3 кг), однако их численность значительно ниже по сравнению с периодом 1970-х гг.

Таблица 9.3. Размерно-возрастные показатели кумжи в зоне влияния КАЭС (2011 г.)

Показатели	Возраст, лет			
	3+	4+	5+	6+
Масса, г	$\frac{410}{125-793}$	$\frac{518}{145-1165}$	$\frac{466}{250-726}$	$\frac{912}{759-1065}$
Длина АС, см	$\frac{29.8}{20.8-38.2}$	$\frac{32.7}{22.2-44.5}$	$\frac{32.4}{27.0-38.0}$	$\frac{41.4}{37.8-44.9}$
Количество рыб (в %)*	28.6	42.9	19.0	9.5

Примечание: числитель – среднее; знаменатель – пределы варьирования

**здесь и далее количество рыб в возрастной группе (в %).*

Радужная форель (микижа) расселилась по акватории БИ (позднее по всей Имандре) в результате ухода из поврежденных штормами садков Кольского форелевого хозяйства (КФХ), располагающегося в устье сбросного канала КАЭС [Лукин, 1998]. Современная популяция радужной форели, ограниченная губой Молочная, пополняется как уходящими из садков особям, так и за счет естественного воспроизводства. Это вносит значительный вклад в неоднородность ее размерно-весовой и возрастной структуры. Именно в этом районе данный видимеет наибольшую численность. В уловах 2011 г. микижа была представлена трех-, пятилетними особями, наиболее многочисленными были рыбы массой 200–500 г длиной 24–32 см. Размерно-весовые показатели рыб в уловах варьировали от 16.3 до 38.3 см и от 63 до 886 г.

Голец (озерная форма арктического гольца) ранее был весьма многочисленным видом в БИ. Его основные нерестилища располагались на узкой, обрывистой валунной литоральной зоне глубоководных губ плеса. Доля гольца в уловах начала в 1960-х гг. в БИ достигала 58.7% [Галкин и др., 1966а]. Массовый браконьерский лов гольца на нерестилищах БИ, нарушение условий его воспроизводства вследствие загрязнений вод в ЙИ и БолИ и изменения гидрологического режима озера привели к практически полному исчезновению этого вида [Lukin, 2013]. В БИ, где арктический голец был доминирующим видом, его численность и размерно-весовые показатели неизменно снижались (табл. 9.4).

Сиг, наряду с ряпушкой, ранее являлся доминирующим видом в оз. Имандра. Его ежегодная добыча в период организованного промыслового лова достигала 300–500 ц [Галкин и др., 1966а, б; Смирнов, 1977]. В зоне влияния КАЭС в контрольных уловах 2011 г. сиг представлен особями со средними показателями длины 26.6 см при массе 251 г. Наибольшая доля особей с высоким темпом роста и массой более 300 г была отмечена в уловах из губы Молочная.

Самый крупный сиг – восьмилетняя самка – была поймана в губе Кунчаст, ее масса достигала 1350 г, длина – 43.6 см. Стадо сига вблизи пролива Узкая Салма (ЙИ) было представлено в основном особями длиной 20 см и массой до 200 г. Сравнение размерно-весового распределения сига из уловов южной части ЙИ, БИ (без губы

Таблица 9.4. Размерно-возрастная характеристика арктического гольца в зоне влияния КАЭС

Показатели	Возраст, лет								Число экз.
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	
1972-1973 гг.									
Длина АС, см	20.2	26.5	32.3	36.8	40.1	44.2	49.2	51.2	
Масса, г	72.5	224	375	537	736	1010	1392	1700	285
% рыб	1.0	4.0	39.8	24.2	13.2	14.2	2.4	1.2	
1975-1976 гг.									
Длина АС, см	-	25.5	31.8	35.3	39.0	46.3	49.0	-	
Масса, г	-	170	352	524	680	1060	1300	-	85
% рыб	-	4.4	17.8	22.1	33.5	17.8	4.4	-	
1979 г.									
Длина АС, см	-	23.2	30.4	34.8	40.2	49.0	53.7	61.0	
Масса, г	-	100	335	578	803	1073	1580	2580	55
% рыб	-	5.5	14.5	34.6	12.7	21.8	7.3	3.6	
1980-1983 г.									
Длина АС, см	17.9	23.1	34.1	37.1	41.6	45.8	58.8	-	
Масса, г	20	107	411	553	810	1186	3140	-	117
% рыб	1	2.5	6	28	39	21	2.5	-	
1996 г.									
Длина АС, см	-	-	-	38.0	40.0	-	-	-	
Масса, г	-	-	-	593	757	-	-	-	9
% рыб	-	-	-	67	33	-	-	-	
2011 г.									
Длина АС, см	-	17.3	22.5	30.5	35.6	43.5	-	-	
Масса, г	-	46	83	335	473	1959	-	-	7
% рыб	-	14	14	44	14	14	-	-	

Молочная) и губы Молочной подтверждает положительное влияние температурного фактора на темпы роста рыб [Денисов и др., 2017]. Данный феномен, наряду с ускорением полового созревания рыб, был выявлен ещё в 1980-х гг. В условиях интенсивного нагула (более продолжительный период открытой воды, дополнительное питание остатками корма КФХ) у сига в зоне подогретых вод происходило более раннее созревание особей (в мае-июне) [Крючков и др., 1985]. Анализ возрастного состава уловов в разные годы показывает, что по сравнению с 1970 гг. происходит увеличение доли четырех и пятилетних рыб и снижение присутствия семилетних (табл. 9.5). В целом, возрастное распределение соответствует картине в облавливаемых водоемах Мурманской области и приграничных районах северной Норвегии и Финляндии.

Таблица 9.5. Средние размерно-возрастные показатели сига в зоне влияния КАЭС

Показатели	Возраст, лет										Число экз.
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	
1972-1973 гг.											
Длина АС, см	-	20.1	27.2	28.6	29.6	32.0	35.0	42.2	-	-	
Масса, г	-	105	191	236	288	393	581	1062	-	-	203
% рыб	-	0.7	3.8	29.8	35.3	23.2	5.8	1.4	-	-	
1978-1979 гг.											
Длина АС, см	-	22.4	26.6	28.2	30.3	33.0	36.5	43.7	-	-	
Масса, г	-	124	180	231	303	221	565	1400	-	-	81
% рыб	-	2.3	6.5	24.5	42.8	19.4	3.7	0.8	-	-	
1996-1997 гг.											
Длина АС, см	-	15.4	19.9	24.4	26.7	28.1	31.3	31.9	29.0	32.5	
Масса, г	-	32	70	137	200	235	342	364	282	351	113
% рыб	-	19	9	23	29	18	17	7	1	2	
2011 г.											
Длина АС, см	16.5	18.4	22.5	26.9	29.3	32.3	34.6	-	-	-	
Масса, г	50	63	121	221	299	438	583	-	-	-	140
% рыб	0.7	13.6	18.6	27.9	20.0	12.9	6.4	-	-	-	

Ряпушка является одним из наиболее распространенных видов в оз. Имандра. В середине прошлого века статус озера определялся как ряпушково-сиговое с встречающимся гольцом [Галкин и др., 19666]. В настоящее время в пределах исследованного района численность ряпушки сократилась. Влияние температурного фактора, изменений гидрологического режима и преобразование естественных проливов, служивших метами нереста ряпушки, подорвали ее воспроизводство. Скопления ряпушки, очевидно привлекаемой кормами форелевого хозяйства, отмечались как в толще воды, так и вблизи берегов в губе Молочная. В контрольных уловах 2011 г. основу выборки составляли особи весом до 15 г, длиной 9–12 см, преимущественно в возрасте двух-трех лет. Наиболее крупные особи в возрасте пяти лет здесь достигали размеров 17.9 см и массы 59 г. Для остальных районов (остров Хорт, губа Кунчаст, Узкая Салма) доля данного вида в уловах не превышала 4 %. В губе Кунчаст ряпушка отличалась более высокими размерными показателями (до 21.4 см и 84 г). Размерно-весовые показатели ряпушки БИ в настоящее время в среднем выше, чем в 1960–1990-х гг.

Окунь в озере Имандра многочисленный вид. В уловах 2011 г. в районе острова Хорт его доля достигала 50%. Средние показатели массы рыб не превышали 186 г при длине 22.4 см, наиболее крупные экземпляры достигали 560 г и 31 см. В целом, размерно-весовые показатели окуня в районе острова Хорт выше по срав-

нению с другими районами БИ и южной части плеса ЙИ. Возраст наиболее крупных экземпляров данного вида составлял шесть лет. Окунь имеет высокую численность и в южной части ЙИ.

Ерш является типичным видом бассейна оз. Имандра. Количество ерша в уловах в последние десятилетия значительно увеличилось по всей акватории водоема. В районе Узкой Салмы отмечаются особи размером до 15 см и массой до 10 г. Максимальные размеры рыб в данном районе не превышают 14.5 см при массе 34 г. Средние размерно-весовые показатели в губе Молочная были выше по сравнению с другими исследованными районами, что обусловлено температурным фактором и благоприятными условиями нагула.

Корюшка является одним из видов, численность которых в уловах в оз. Имандра в последние десятилетия увеличивается [Терентьев и др., 2017]. Средние размерные показатели рыб в зоне влияния КАЭС составляли 43 г и 17.9 см, в то время как в 1960-е гг. они не превышали 26 г (5–53 г) и 15.4 см (9.5–19 см) [Галкин и др., 1966а; Смирнов, 1977]. В губе Кунчаст и вблизи о. Хорт были отмечены наиболее крупные особи, среди них самый большой вес имела семилетняя самка – 97 г при длине АС 24 см. В губе Кунчаст были пойманы две корюшки в возрасте девяти лет, что, по-видимому, является предельным для данной популяции. Отмечается тенденция к увеличению размерно-весовых показателей и численности корюшки.

Карп в составе рыбного населения БИ появился после безуспешного опыта по его выращиванию в рыбоводном хозяйстве [Лукин, 1999]. В уловах 2011 г. в губе Молочная карп был представлен единичными особями. Размерно-весовые показатели рыб изменялись от 78 до 1100 г (в среднем 320 г) и от 15.5 до 34.3 см (в среднем 21.7 см). Возраст наиболее крупного экземпляра достигал пяти лет. По сообщениям рыбаков, в сбросном канале КАЭС губы Молочная попадают крупные особи карпа массой более 3 кг. Сохранение локального стада карпа до настоящего времени обеспечиваются исключительно за счет благоприятного влияния подогретых сбросных вод и возможности питания попадающим в водоем кормом рыбоводного хозяйства. Нерестилища карпа, как и у радужной форели, ограничены акваторией влияния подогретых вод из сбросного канала КАЭС.

Другие виды рыб в уловах были представлены единичными экземплярами. Наиболее крупный экземпляр хариуса из уловов 2011 г. в возрасте шести лет имел массу 635 г и длину АС 39 см. По материалам исследований 1968 г., в этом районе те же показатели у девятилетнего хариуса составляли 760 г и 40 см [Смирнов, 1977]. В настоящее время темпы роста хариуса БИ значительно возросли. **Налим**, обычный для оз. Имандра вид, в наших уловах отмечался редко. По данным 2011 г. его средние размерно-весовые показатели составили 45.7 см и 630 г. **Щука**, встречающаяся в уловах единично, характеризовалась наиболее крупными размерами в районе острова Хорт (масса 3 кг при длине 73 см).

Структура рыбной части сообщества Бабинской Имандры. Анализ видового состава рыб в уловах и сравнение его с материалами предыдущих исследований, выявил изменения в структуре рыбной части сообщества. Если в 1970-е гг. основу уло-

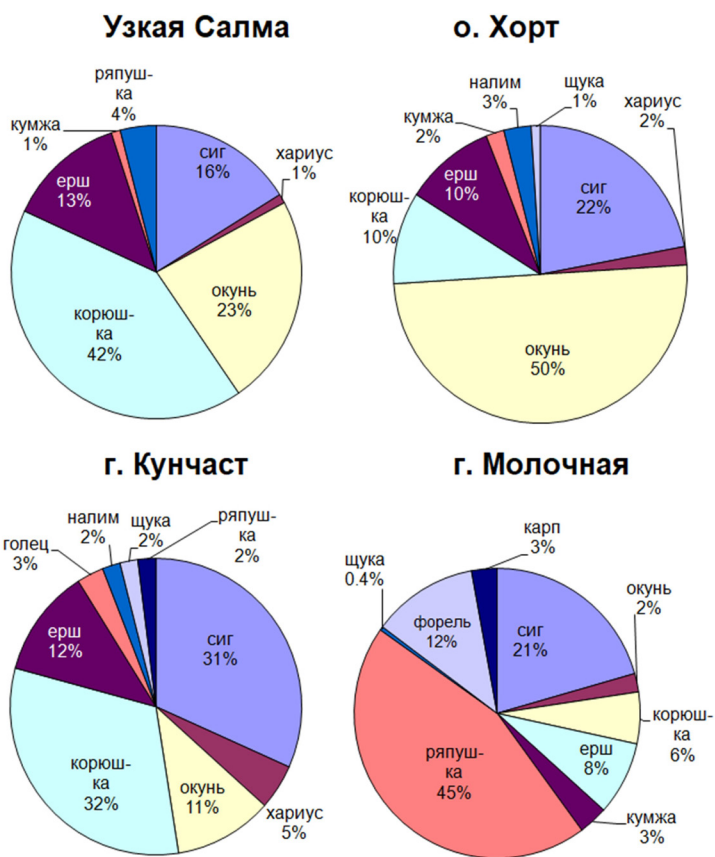


Рис. 9.14. Пространственная изменчивость соотношения видов рыб в уловах в зоне влияния КАЭС по данным 2011 г.

вов формировали лососевые и сиговые виды, то в настоящее время на долю сиговых приходится менее 30%. Рыбная часть сообщества формируются, главным образом, корюшкой и окуневыми (окунь, ерш) видами. Высокая численность европейской корюшки и окуня (рис. 9.14) обусловлена, по-видимому, благоприятными условиями воспроизводства в многочисленных придаточных озерно-речных системах плеса БИ.

Для рассматриваемого района БИ и примыкающей к ней юго-западной части акватории ЙИ характерны небольшие глубины с хорошо выраженной литоралью, здесь доминируют корюшка, окунь, ерш, и сиви преимущественно небольших размеров. Область береговой линии (район о. Хорт), сложенная крупными валунами с хорошо выраженными свалами, является местом нагула различных видов рыб. Участки песчаных отмелей с примесью мелкого гравия благоприятны для нереста сиговых рыб. Мелководные губы БИ, богатые высшей водной растительностью являются нерестилищами окуня. В губе Кунчаст, ранее считавшейся нерестилищем арктического гольца [Крючков и др., 1985] преобладают сиг и корюшка.

Изменения в видовой структуре сообщества в значительной мере прослеживаются для губы Молочная, что обусловлено комплексом факторов (изменение температурного режима вследствие функционирования КАЭС, наличие рыбоводного комплекса, обеспечивающего непреднамеренное обогащение ихтиофауны новыми для оз. Имандра видами). Благоприятный температурный режим и обилие кормов форелевого комплекса позволяют сохраняться здесь свободно живущим радужной форели и обыкновенному карпу. Следствием влияния подогретых сбросных вод является усиление процессов роста, ускорение полового созревания рыб [Моисеенко и др., 2002; Zubova et al., 2016].

Изменения в структуре рыбного населения исследованного района помимо антропогенного загрязнения и эвтрофирования вод, связаны с низкой численностью крупных хищников (голец, кумжа, щука). Это приводит к тому, что короткоцикловые виды способны за непродолжительный период в благоприятных кормовых условиях достигать высокой численности при увеличении размерно-весовых показателей. При этом изменяется видовой состав доминантов сообщества, значительно снижается рыбохозяйственная ценность водоема. Восстановление популяций кумжи и арктического гольца требует проведения работ по рыбоисследованию и выпуску в водоем крупной жизнестойкой молоди этих видов. Увеличение количества хищников стало бы эффективной мерой регулирования возросшей численности малоценных (сорных) видов и увеличило бы рыбохозяйственное значение оз. Имандра в целом.

В состав ихтиофауны оз. Имандры в районе влияния КАЭС входит 14 видов рыб. Изменения в структуре рыбного сообщества происходят за счет снижения численности сиговых и лососевых видов и доминирования окуневых, карповых видов и корюшки, что отчетливо прослеживается в последние годы для всей акватории оз. Имандра [Кашулин и др., 2012; Терентьев, Кашулин, 2012]. Наиболее глубокие преобразования природной лимносистемы наблюдаются в губе Молочной, где функционирование рыбоводного комплекса и тепловое загрязнение значительно изменили условия обитания гидробионтов, что привело к нарушению естественной цикличности ряда физиологических процессов у рыб.

Отмечаемые трансформации, протекающие в природных условиях в течение сотен лет, на современном этапе происходят гораздо быстрее. Причинами подобных изменений являются снижение качества вод, усиление антропогенного эвтрофирования, флуктуации гидрологического режима и изменения климата.

9.6. Санитарно-микробиологическая характеристика водозабора питьевой воды

Данные, полученные при исследовании как общего количества бактерий, так и численности бактерий основных трофических групп, определяемых на селективных питательных средах, начиная с 1970-х гг. до настоящего времени, говорят о постепенном увеличении численности бактериальной составляющей как в чистой части оз. Имандра, так и в части, в которой ведется рыбохозяйственная деятельность. Так, если в 1970-х гг. общее количество бактерий в воде чистой части оз. Иман-

дра в среднем составляло 200 тыс. кл. в 1 мл, в 1984 г. оно возросло в 4-5 раз и в среднем было равно 1154 тыс. кл. в 1 мл. В 2020 г. общая бактериальная численность составила уже 1700 тыс. кл. в 1 мл. Количество сапротрофных бактерий и бактерий, потребляющих минеральный азот, колебалось от 10 до 100 клеток в 1 мл (рис. 9.15). Такое значительное превышение общей численности бактерий над культивируемыми, связано с тем, что метод прямого счета позволяет учитывать как жизнеспособные, так и не жизнеспособные клетки бактерий, а также их некультивируемые формы, которые представляют большую часть бактериальной составляющей природных сред.

В воде губы Молочной в 1970-х гг. общее число бактерий составляло в среднем 300 тыс. клеток в 1 мл, а в 2020 г. оно выросло на порядок и составило 3000 тыс. кл./мл. Численность сапрофитных бактерий колебалась в пределах от 80 до 200 кл. в 1 мл (рис. 9.15). В воде преобладали неспороносные, грамотрицательные бактерии родов *Pseudomonas* и *Bacterium*.

Санитарно-микробиологическая характеристика воды выполнена согласно СанПиН 2.1.5.980-00. Была определена общая численность колиформных бактерий и кишечной патогенной флоры. Гигиенические требования к охране поверхностных вод регламентируют содержание колиформных бактерий не более 500 КОЕ в 100 мл воды, также вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций, в том числе стрептококков и сальмонелл. При обнаружении сальмонелл в местах водозаборов следует принимать меры по усилению режимов очистки и обеззараживания, а при контроле их эффективности иметь в виду большую устойчивость сальмонелл в процессах обеззараживания по сравнению с колиформными бактериями, в том числе их термотолерантными формами.

Согласно проведенным исследованиям, образцы, взятые в чистой части оз. Иmandра, относятся по санитарно-эпидемиологическим показателям к чистым (рис. 9.15). Несмотря на то, что было обнаружено наличие общих колиформных бактерий, их численность не превышала установленных норм. В то же время, в образцах, взятых из губы Молочной, где ведется рыбохозяйственная деятельность, наблюдалось превышение допустимых показателей на порядок, и численность колиформных бактерий достигала в среднем 130 КОЕ в 1 мл воды. Кишечная патогенная флора, в т.ч. сальмонеллы и стрептококки, в образцах воды обнаружены не были.

Кроме того, был проведен микологический анализ водных образцов, в том числе для выявления условно-патогенных микромицетов. Известно, что вода не является

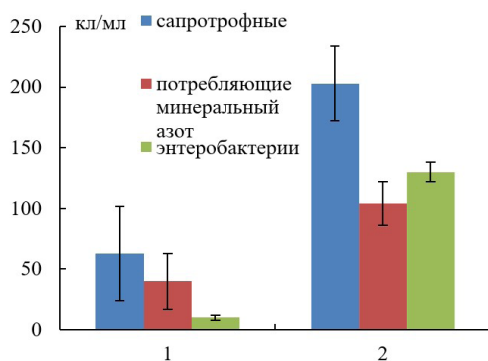


Рис. 9.15. Численность бактерий (к/л/мл) в образцах воды озера Иmandра в районе воздействия КАЭС: 1 – удаленный участок озера, 2 – губа Молочная

Таблица 9.6. Таксономическое разнообразие микромицетов в воде озера

Вид	Участок озера	
	Зашсек	Сброс
Отдел <i>Ascomycota</i> Подотдел <i>Pezizomycotina</i> Класс <i>Eurotiomycetes</i> Подкласс <i>Eurotiomycetidae</i> Порядок <i>Eurotiales</i> Семейство <i>Aspergillaceae</i>		
<i>Aspergillus flavus</i> Link	+	+
<i>Asp. versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	+	
<i>Raecilomyces variotii</i> Bainier	+	+
<i>Penicillium glabrum</i> (Wehmer) Westling	+	
<i>P. nalgiovense</i> Laha	+	
ВСЕГО: Отделов/Классов/Порядков/ Семейств/Родов/Видов	1/1/1/1/3/5	1/1/1/1/2/2

благоприятной средой для развития микроскопических грибов. В воде были обнаружены единичные грибные propagулы как в губе Молочной (1 КОЕ/мл), так и в чистой части озера (3 КОЕ/мл).

Длина и биомасса грибного мицелия, измеренные методом прямого счета, ничтожно малы на обоих участках и составляют лишь 0.08–0.1 м/мл и 0.8×10^{-5} – 1.1×10^{-4} мг/мл соответственно.

Таксономическое разнообразие микромицетов в воде было очень низким и представлено всего 5 видами в чистой части озера и 2 видами в губе Молочной (табл. 9.6). Все выделенные виды относились к одному порядку *Eurotiales* из отдела *Ascomycota*. Степень сходства видового состава комплексов микромицетов в губе Молочной и чистой части озера достаточно высока. Значение коэффициента Сьеренсена – 57%.

Виды *Aspergillus flavus* и *Raecilomyces variotii* доминировали в воде (индекс обилия составил 30%), остальные виды относились к редким (рис. 9.16). Не было выявлено различия в структуре сообществ микромицетов в воде чистой части озера и губы Молочной. Вид *Aspergillus flavus* является обитателем экстремальных местообитаний, встречается в антарктических озерах (Domsh et al., 2007). Выделен их разных типов почв, известен высокой повреждающей активностью. *Raecilomyces variotii* также может развиваться на широком спектре субстратов, термотолерант. Встречается в лесных почвах, озерах, воздухе.

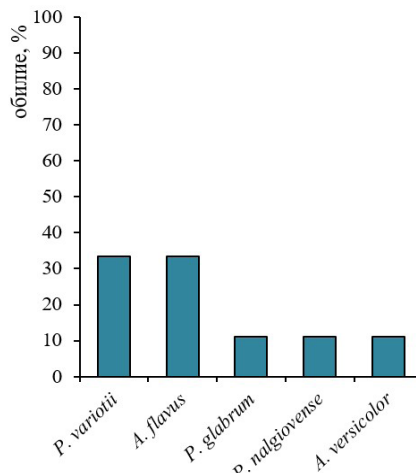


Рис. 9.16. Обилие (%) микромицетов в воде озера Имандра

Практически все виды, обнаруженные в воде, относятся к группе условно-патогенных, однако их численность была столь незначительной, что рассматривать их потенциальную угрозу здоровью человека нецелесообразно. К тому же известно, что вода, используемая для питьевого водоснабжения, проходит ряд этапов очистки и последующего контроля качества.

Таким образом, микробиологический анализ воды в местах водозаборов питьевого водоснабжения показал, что численность бактерий и микроскопических грибов очень низкая. Видовой состав и структура сообществ микромицетов в воде стабилен и практически не отличается в чистой части оз. Имандра и в месте сброса. Качество воды полностью отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, патогенные группы микроорганизмов отсутствуют.

Глава 10

Рекомендации по проведению экологического мониторинга

Основной целью радиационно-экологического мониторинга является наблюдение за радиационной обстановкой, своевременное выявление изменений радиационной обстановки; оценка, прогнозирование и предупреждение возможных негативных последствий радиационного воздействия для персонала, населения и окружающей среды [Санжарова и др., 2019]. В качестве объектов мониторинга рассматриваются типичные геосистемы и естественные природные экосистемы, природно-антропогенные и антропогенные комплексы.

Для реализации радиационно-экологического мониторинга разрабатывается регламент его проведения, включающий в себя сеть пунктов (точек) наблюдения с географической привязкой; перечень объектов мониторинга; наблюдаемые параметры; способы или процедуры определения контролируемых параметров (непосредственные измерения, отбор проб и т.п.); периодичность проведения наблюдений; методы анализа отобранных проб.

Физические факторы. При осуществлении радиоэкологического мониторинга наблюдению подлежат:

- радиационная обстановка;
- шумовое воздействие;
- электромагнитное излучение.

Мониторинг радиационной обстановки осуществляется специализированной организацией в соответствии с нормативными документами. Мониторинг шумового воздействия проводится в пределах зоны потенциального воздействия действующих источников шума, в ближайших населенных пунктах. Точки мониторинга электромагнитного излучения располагаются на узлах подключения ЛЭП к технологическим объектам.

В период обследования в зоне воздействия КАЭС не выявлено превышений нормативных требований по радиационным и физическим факторам экологического риска.

Атмосферный воздух. Оценку загрязнения атмосферного воздуха необходимо выполнять в соответствии с действующими методиками и, по мере возможности, осуществлять на основании данных ведомственных постов наблюдения и данных Роспотребнадзора, привлечения данных обзоров фонового загрязнения территорий, а также организации наблюдений на временной наблюдательной сети с использованием маршрутных учетов. Метеорологические показатели, необходимые для отбора проб, должны запрашиваться на ближайшей метеостанции.

Программу мониторинга загрязнения атмосферного воздуха следует разрабатывать на основании и в соответствии с требованиями нормативных документов [РД 52.04.186-89, РД 52.04.306-92]. Мониторинг желательнее проводить в двух вариантах наблюдений – режимного и оперативного. Оперативный мониторинг предназначен для непрерывного слежения за концентрацией загрязняющих атмосферу примесей, газовых и взвешенных частиц с целью выявления критических ситуаций и оперативного принятия природоохранных решений. Режимный мониторинг – долговременный процесс регистрации степени загрязнения атмосферного воздуха. Его основные цели – определение долговременной тенденции изменения ситуации и формирование банка данных о загрязнении атмосферного воздуха в данном районе.

Для решения специальных задач по контролю соблюдения нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ), эффективности атмосфероохранных мероприятий, выявлению источников повышенного загрязнения и для обеспечения задач государственного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха представляется целесообразным организация регулярных наблюдений в зоне влияния объекта. Рекомендуется использование автоматизированных постов наблюдения, оснащенных газоанализаторами основных компонентов: оксида углерода, оксида и диоксида азота, диоксида серы, метана, озона (для интегральной оценки загрязнения атмосферы фотооксидантами). Кроме газоанализаторов в состав станций должны входить автоматические пробоотборные устройства для взвешенных веществ, а также минимальный набор автоматизированных метеорологических датчиков температуры воздуха, влажности, направления и скорости ветра.

Мониторинг атмосферного воздуха предназначен для определения соответствия его качественного и количественного состава установленным гигиеническим нормативам (предельно допустимым концентрациям, ориентировочным безопасным уровням воздействия, допустимым уровням) в соответствии с требованиями СП 1.1.1058-01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

Метрологическое обеспечение контроля атмосферного воздуха должно отвечать требованиям ГОСТ Р 8.589-2001 «Государственная система обеспечения единства измерений. Контроль загрязнения окружающей природной среды».

Атмосферные выпадения. Оценка загрязнения атмосферных выпадений должна выполняться регулярно. В 20-км зоне КАЭС специалистами радиометрической лаборатории на автомобильной лаборатории радиационной разведки должны быть организованы маршрутные радиометрические наблюдения, проводиться гамма-съемка местности с отбором проб снега (в начале периода снеготаяния). Специальной организацией (Центром гигиены и эпидемиологии № 118 ФМБА России) с помощью гамма-спектрометрического анализа выполняется определение содержания гамма-излучающих техногенных и природных радионуклидов в пробах снега.

Для слежения влияния загрязнений промышленных выбросов на лесные биогеоценозы рекомендуется проводить мониторинг состава атмосферных выпадений

на площадках постоянного наблюдения (ППН) в 30-км зоне КАЭС и в фоновых условиях. Осадкоприемники желательны устанавливать с учетом микромозаичной структуры биогеоценоза: в подкروновых, межкروновых и открытых (безлесных) пространствах. Отбор проб атмосферных выпадений в виде дождя осуществлять ежемесячно в вегетационный период, проб снега (кern на всю глубину снежного покрова) – весной, перед началом снеготаяния. В атмосферных выпадениях рекомендуется определять: рН, Al, Fe, Ca, Mg, K, Mn, Zn, Ni, Cu, Na, Pb, Co, Cd, Cr, SO_4^{2-} , Cl, NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} и P.

Почвы и растительность. Территория в зоне влияния КАЭС рассматривается нами как информативный полигон для изучения почвенно-растительного покрова в природных условиях и в условиях воздушного промышленного загрязнения, что определяется следующими причинами:

- представленностью в зоне влияния КАЭС основных типов лесных биогеоценозов, распространенных в северной тайге;
- длительным и интенсивным воздушным промышленным загрязнением локальных лесных территорий;
- наличие длительного ряда наблюдений (с 1991 г.) на сети мониторинговых станций, оборудованных на уровне международных стандартов, позволяющей давать современные и прогнозные оценки состояния северотаёжных лесов на фоновых и антропогенно-нарушенных территориях. Рекомендации по проведению экологического мониторинга лесных экосистем содержатся в «Методике организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН)» [1995].

Регулярные исследования различных биогеохимических показателей необходимы для оценки состояния и устойчивости почвенно-растительного покрова лесных экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. Основная задача экологического мониторинга почв и растительности в зоне влияния КАЭС – комплексная оценка состояния наземных экосистем на основе анализа различных биогеохимических показателей, полученных в результате регулярных наблюдений. Непосредственной причиной ухудшения состояния древесных растений в зоне влияния КАЭС может быть недостаток или избыток химических элементов в почвенно-растительном покрове.

Анализ следует проводить регулярно, чтобы установить потенциальную зависимость между изменениями состояния лесных экосистем и изменениями минерального питания. Анализ листьев/хвои следует проводить не реже, чем каждые 5 лет, почвы – каждые 10 лет в конце вегетационного периода (август).

Рекомендуется отбирать образцы с 5 деревьев каждого из основных видов из верхней трети кроны. Доминирующие растения (кустарнички, злаки, мхи) и лишайники напочвенного покрова необходимо отбирать в межкروновых пространствах в 3-5-кратной повторности для каждого вида. Доминирующие растения (кустарнички, злаки, мхи) и лишайники напочвенного покрова желательны собирать в межкروновых пространствах в 3-5-кратной повторности для каждого вида.

Почвенные пробы рекомендуется отбирать параллельно с растительными образцами, почвенные профили должны быть заложены в местах, репрезентативных для преобладающего типа почв данной пробной площади. Отбор образцов почв следует осуществлять в межкروновых пространствах с учетом структуры растительности в соответствии с почвенными горизонтами в 3-кратной повторности. Органогенный горизонт может состоять из одного и более подгоризонтов: опада (OL), ферментативного подгоризонта (OF) и/или гумусового (OH) – в аэробных условиях, и Hf, Hfs или Hs в насыщенном водой органическом горизонте. Мощность почвенных горизонтов необходимо измерять. Органический и минеральный горизонты должны быть тщательно разделены. Образец минеральной части отбирается с того же места, что и органический образец (после его удаления). Отбор образцов должен проводиться с учетом всех генетических горизонтов, парцелл и микрогруппировок. Далее проводятся лабораторные исследования почвенных и растительных образцов с целью определения загрязняющих веществ, параметров кислотности, обеспеченности растений макро и микроэлементами.

К системе экологического мониторинга, кроме того, относятся постоянные наблюдения за санитарным состоянием леса, противопожарные мероприятия и профилактика фитопатологической обстановки в районе расположения объекта.

В пределах обследованной территории были обнаружены редкие виды растений, внесенные в Красную книгу Мурманской области и/или Российской Федерации. Большая часть местонахождений расположены в окрестностях населенных пунктов и участков с высокой рекреационной нагрузкой (например, гора Лысая). В этих точках, и в местах дальнейшего обнаружения «краснокнижных» видов, не рекомендуется размещать строительные объекты и прокладывать к ним подъездные пути. Следует также избегать нарушений растительного покрова в пределах выделенных участков обитания охраняемых видов. Категорически требуется избегать непосредственного физического уничтожения особей. Необходимо вести регулярный мониторинг известных местонахождений (не реже раза в пять лет) и поиск новых.

Наземные животные. Сеть мониторинга наземных животных формируется с учетом видов техногенных воздействий и зональных различий в структуре фауны и животного населения территории проектируемых объектов. В контрольную зону радиусом 30 км вокруг КАЭС входит юго-восточная часть Лапландского заповедника, где ведется регулярный мониторинг за наземными животными.

В связи с реакцией фауны на техногенные воздействия рекомендуется контроль следующих качественных и количественных параметров:

- видовое разнообразие наземных животных;
- распространение, численность, наличие редких и охраняемых видов;
- состав, структура и динамика населения наземных животных.

Кроме того, можно рекомендовать регулярный мониторинг в окрестностях города Полярные Зори. Мониторинг, представляющий собой регулярные визуальные наблюдения за состоянием населения птиц и зверей с фиксацией резуль-

татов наблюдений в специальных дневниках или приложениях. Оценка состояния фаунистических комплексов проводится на основе слежения за индикаторными (показательными) видами, наличие/отсутствие которых указывает на общую экологическую ситуацию в контролируемом районе.

Оценку структурно-функциональной организации (видового состава, соотношения жизненных форм и трофических групп) почвенного населения, как индикатора антропогенной трансформации почвенного покрова, достаточно проводить в зоне влияния КАЭС с периодичностью раз в 5 лет.

Водные экосистемы. Наличие циркуляции водных масс и между плесами Бабинская и Йокостровская Имандра в настоящее время, очевидно, является одним из основных искусственных механизмов регуляции состояния экосистемы губы Молочная. Несмотря на постоянное поступление биогенных элементов в результате эксплуатации рыбных садков, интенсификации процессов эвтрофирования не наблюдается вследствие активного гидродинамического перераспределения водных масс между губой Молочная и плесом Бабинская Имандра за счет наличия постоянного потока вод из сбросного канала. Активной утилизации биогенных элементов водорослями способствует повышенная температура воды и раннее начало периода вегетации. Таким образом, целесообразно сохранение высокой интенсивности водообмена между плесами в системе Йокостровская Имандра – подводящий канал – сбросной канал – Бабинская Имандра – пролив Широкая Салма. Следует учитывать, что воды плеса Йокостровская Имандра в значительной степени подвержены как антропогенному эвтрофированию, так и загрязнению токсичными соединениями, которые, в свою очередь поступают в губу Молочная в ходе эксплуатации охладительной системы КАЭС. Это является фактором риска и угрозы нарушения установившегося в настоящее время равновесия в функционировании экосистемы губы, что особенно актуально в связи с глобальными и региональными климатическими изменениями. Исследованиями показано, что потепление климата, а также наличие кратковременных положительных температурных аномалий может способствовать значительному ускорению процессов эвтрофирования и вызывать массовое развитие водорослей, в том числе и токсичных видов цианобактерий. Необходимо отметить, что виды цианобактерий, способные вызывать «цветение» воды, присутствовали в пробах фитопланктона из губы Молочная. Поэтому необходимым условием контроля за состоянием экосистемы водоема является организация комплексного экологического мониторинга в зоне влияния КАЭС.

Во-первых, необходим систематический контроль специфичных маркеров (гидрохимических показателей – рН, общей минерализации, содержания в воде натрия, сульфатов, биогенных элементов – азота и фосфора, тяжелых металлов), указывающих на опосредованное влияние существующей схемы технического водоснабжения КАЭС на экосистему плесов Бабинская Имандра и Йокостровская Имандра. Во-вторых, актуальна оценка состояния экосистемы оз. Имандра по гидробиологическим показателям: сообществам фито- и зоопланктона, перифитона, высшей водной рас-

тельности, бентоса и ихтиофауны, включая анализ влияния объектов аквакультуры в губе Молочная. В-третьих, требуется периодическое исследование уровня накопления элементов-загрязнителей в донных отложениях и гидробионтах оз. Имандра.

Данные, которые будут получены в результате мониторинговых исследований должны быть предоставлены в региональные природоохранные органы для дальнейшей обработки и прогнозной оценки состояния компонентов окружающей природной среды и предотвращения уничтожения почвенного и растительного покрова, мест обитания редких видов. Окончательно виды наблюдений, порядок, периодичность их проведения, место и методы наблюдений, вид и количество контролируемых показателей, состав отчета по намеченным видам наблюдений уточняется специализированными организациями, привлекаемыми на договорных условиях к проведению экологического мониторинга, с учетом согласования с заинтересованными организациями.

Заключение

КАЭС составляет основу энергосистемы Мурманской области и Республики Карелия, и обеспечивает надежную основу социально-экономического развития региона.

Экологическое состояние лесов вокруг КАЭС соответствует естественным природным процессам и близко к состоянию лесов, расположенных в других, относительно чистых районах Мурманской области. По таксационным характеристикам не отмечено отклонений, не обнаружено техногенных пустошей и очагов разрушений лесных экосистем, наблюдаемых в зонах влияния промышленных предприятий.

Состав растительных сообществ характерен для преобладающего ландшафта приозерных равнин, низких варак, единичных тундр и грядово- и кочковато-мочажинных болот. Наибольшую площадь в исследованном районе занимают сосновые, менее распространены еловые и елово-мелколиственные леса. Понижения рельефа заняты грядово-мочажинными (аапа) и кочковато-ковровыми болотами, а также лесоболотными комплексами, юго-западной акваторией озера Имандра и небольшими озерами.

В окрестностях КАЭС обнаружено 190 видов лишайников и систематически близких нелихенизированных грибов, 161 вид афиллофороидных (дереворазрушающих) грибов, 210 видов мохообразных, 430 видов сосудистых растений. Выявленное разнообразие растительного покрова и таксономическое богатство флоры соответствует ландшафтной структуре северо-таежной территории. Город Полярные Зори и заброшенные сельскохозяйственные земли вносят значительный вклад в повышение уровня фиторазнообразия района, в первую очередь, за счет заносных видов (133 вида или около трети всего разнообразия сосудистых растений). В 15-км зоне вокруг КАЭС выявлено 26 видов растений, грибов и лишайников из Красной книги Мурманской области; 7 из них внесены в Красную книгу Российской Федерации. Один из районов концентрации редких видов растений – гора Лысяя, где необходимо дальнейшее обследование с целью организации ООПТ.

Фауна птиц разнообразна и насчитывает 124 вида, что связано с разнообразием биотопов, путями пролета арктических и субарктических популяций птиц, прохождением в районе исследований северной границы ареалов южных видов. Значительная часть орнитофауны (13%) появляется эпизодически или во время пролётов на места гнездовый или зимовок. Влияние деятельности КАЭС на орнитофауну проявляется в факте зимовки птиц на незамерзающих стоках электростанции. С деградацией земледелия в районе исследования, как и в Мурманской области в целом, связан спад численности птиц и исчезновение четырех синантропных видов. Из 44 видов, зане-

сенных в Красную книгу Мурманской области, в зоне радиусом 30 км вокруг КАЭС наблюдались 26 видов, из них 9 видов включены в Красную книгу России.

В районе КАЭС обитает 33 вида млекопитающих, из которых 7 видов внесены в Красную книгу Мурманской области и 1 в Перечень объектов животного мира Красной книги Российской Федерации. Состояние популяций насекомоядных млекопитающих – биоиндикаторов нарушения природной среды – указывает на удовлетворительную современную экологическую обстановку в окрестностях КАЭС.

Основные количественные характеристики микробных сообществ в почвах в 15-км радиусе вокруг КАЭС (численность и биомасса бактерий и микроскопических грибов, показатель биогенности почв) сопоставимы с таковыми в естественных почвах Мурманской области. Различия в структуре почвенной фауны связаны с природными особенностями верхнего (органогенного) горизонта и не свидетельствуют о негативном влиянии КАЭС на почвенные экосистемы.

Воздействие КАЭС на водные экосистемы определяется работой прямоточной системы охлаждения, что сказывается на экосистеме оз. Имандра. Влияние подогретых вод ограничивается расстоянием 2 км от устья отводящего канала в пределах губы Молочная, что способствует более длительному вегетационному сезону и жизнедеятельности гидробионтов в течение всего сезона. Остальная часть акватории характеризуется температурным режимом, близким к естественному. Перекачка вод из более загрязненного плеса в ходе эксплуатации КАЭС привела к изменению гидрохимических характеристик: отмечен рост минерализации, концентрации загрязнителей и биогенных элементов. Активное гидродинамическое перераспределение водных масс в пределах губы Молочной замедляет процессы эвтрофикации, несмотря на постоянное поступление биогенных элементов в результате эксплуатации рыбных садков. Тепловодная среда сбросного канала стимулирует активную биоаккумуляцию химических элементов, в том числе и токсичных, высшей водной растительностью. Установившийся в настоящее время баланс экосистемы губы Молочной не соответствует природно-климатическим условиям региона, что ведет к ее неустойчивости и высокой вероятности катастрофического разрушения при изменении любого параметра (внедрение инвазивных видов, изменение температурного режима, параметров сброса воды или режима работы садкового хозяйства и др.).

В районе исследования водится 14 видов рыб. Динамика ихтиофауны всей акватории оз. Имандра в последние годы идет по пути снижения численности сиговых и лососевых видов и доминирования корюшки, окуневых и карповых видов. Наиболее глубокие преобразования природной лимносистемы наблюдаются в губе Молочной, где функционирование рыбоводного комплекса и тепловое загрязнение значительно изменили условия обитания гидробионтов и привели к нарушению естественной цикличности ряда физиологических процессов у рыб.

Радиационная обстановка на территории городского округа г. Полярные Зори и в районе размещения КАЭС удовлетворительная и в целом отвечает требованиям санитарного законодательства. Микробиологический состав воды в местах водозаборов питьевого водоснабжения показал, что численность бактерий и микроскопи-

ческих грибов очень низкая. Видовой состав и структура сообществ микромицетов в воде стабильны и практически не отличаются в районе сбросного канала и в природной части оз. Имандра. Качество воды полностью отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, патогенные группы микроорганизмов отсутствуют.

В снеговых и дождевых водах в районе КАЭС наблюдается значительное увеличение концентраций тяжелых металлов и анионов минеральных кислот, а также возрастание кислотности, что объясняется загрязнением воздушного бассейна со стороны медно-никелевого комбината «Североникель». С аэротехногенными выбросами комбината связаны и повышенные концентрации тяжёлых металлов и серы в почвенно-растительном покрове в районе КАЭС.

Продолжение комплексного экологического мониторинга является необходимым условием контроля за состоянием наземных и водных экосистем в зоне влияния КАЭС и залогом устойчивого развития этой территории.

Литература

- Алексахин Р. М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений. М.: АН СССР, 1963. 132 с.
- Алексахин Р. М., Нарышкин М. А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. М.: Наука, 1977. 144 с.
- Алексахин Р. М., Спиринов Е. В., Соломатин В. М., Спиридонов С. И. Некоторые экологические аспекты сооружения опытно-демонстрационного энергокомплекса в проекте «ПРОРЫВ» // Атомная энергия. 2016. Т. 120, вып. 6. С. 312–318.
- Алисов Б. П. Климат СССР. М.: МГУ, 1956. 125 с.
- Андреева В. М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли. М.: Наука, 1998. 348 с.
- Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: изд-во МУ, 1970. 488 с.
- Аристовская Т. В. Микробиологические аспекты плодородия почв // Почвоведение. 1988. № 9. С. 53–63.
- Атлас Мурманской области. М., 1971. 33 с.
- Афанасьев Б. В. Минеральные ресурсы щелочно-ультраосновных массивов Кольского полуострова. СПб: Изд-во «Роза ветров», 2011. 224 с.
- Ахмедова Ф. Р. Джафарова У. Д. Изучение распространения пигментообразующих бактерий в различных субстратах // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 12. С. 26–29.
- Баженов В. А. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: справочник. СПб.: Химия, 1990. 464 с.
- Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л., 1979. С. 58–72.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio., 2006. 498 с.
- Белкина О. А., Боровичев Е. А., Лихачев А. Ю. Бриологическое обоснование создания Орлов-Понойского заказника (Кольский полуостров) // Труды КарНЦ РАН. 2018. Сер. «Биогеография». № 8. С. 61–76.
- Белов Н. П., Барановская А. В. Почвы Мурманской области. Л.: Наука, 1969. 148 с.
- Бианки В. В., Коханов В. Д., Корякин А. С., Краснов Ю. В., Панева Т. Д., Татаринкова И. П., Чемякин Р. Г., Шкляревич Ф. Н., Шутова Е. В. Птицы Кольско-Беломорского региона // Русский орнитологический журнал. 1993. Т. 2, вып. 4. С. 491–586.

Биоиндикация радиоактивных загрязнений / Отв. ред. Д. А. Кривоулицкий. М.: Наука, 1999. 383 с.

Богомолова Е.В., Великова Т.Д., Горяева А.Г., Иванова А.М., Кирцидели И.Ю., Лебедева Е.В., Мамаева Н.Ю., Панина Л.К., Попихина Е.А., Смоляницкая О.Л., Трепова Е.С. Микроскопические грибы в воздушной среде Санкт-Петербурга. СПб: Химиздат, 2012. 215 с.

Боровичев Е. А., Петров В. Н., Петрова О. В., Королева Н. Е. Сеть ООПТ Мурманской области: вчера, сегодня, завтра // Арктика и Север. 2018. №32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/set-oopt-murmanskoy-oblasti-vchera-segodnya-zavtra> (дата обращения: 08.09.2020).

Боровичев Е. А., Разумовская А. В., Белкина О. А., Обабко Р. П. Новые находки охраняемых видов растений в Мурманской области: Баренцевоморское побережье // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 1. С. 23–32.

Булавик И. М. Особенности загрязнения и перспективы использования радиоактивных лесов Беларуси // Природные ресурсы. 1997. №4. С. 71–78.

Бязров Л. Г. Лишайники – лучшие индикаторы радиоактивного загрязнения. М.: Изд-во КМК, 2005. 476 с.

Валькова С. А., Кашулин Н. А. Особенности структуры и функционирования бентосных сообществ в условиях теплового загрязнения // Труды КНЦ РАН: прикладная экология Севера. 3/2013 (16). С. 97–105.

Веригин Б. В. О явлении термического евтрофирования водоемов. // Гидробиологический журнал. 1977. Т. 13, № 5. С. 98–105.

Виноградова Ю. К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М.: ГЕОС, 2009. 494.

Влодавец В. В. Микрофлора атмосферного воздуха // Роль микроорганизмов в круговороте газов в природе. М.: Наука, 1979. С. 50–65.

Воздействие подогретых вод Кольской АЭС на гидрологический и гидрохимический режим губы Молочной озера Имандра: Отчет НИР / Руководитель Моисенко Т.И. Апатиты: Фонды Кольского филиала АН СССР, 1984. 124 с.

Волков И. В. Реакции микроэлементов с гуминовыми кислотами как основа сорбционной дезактивации и очистки техногенных отходов. Дис. канд. химических наук. Екатеринбург. ФГБУН Институт химии твердого тела УрОРАН. 2016. 164 с.

Волкова Л. А. Высшая водная растительность озер Кольского полуострова / Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Ч.II. Гидрохимия и гидробиология. Л., 1974. С. 63–77.

Гайсина Л. А., Фазлутдинова А. И., Кабирова Р. Р. Современные методы выделения и культивирования водорослей / Учеб. пособие. Уфа: Изд. БГПУ, 2008. 152 с.

Галкин Г. Г., Колюшев А. А., Покровский В. В. Ихтиофауна водохранилищ и озер Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1966. С. 177–193.

Галкин Г. Г., Колушев А. А., Покровский В. В. Рыбохозяйственное значение основных промысловых водоемов Мурманской области // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. Мурманск: Изд-во ПИПРО. 1966. С. 194–208.

Гилязов А. С. Птицы г. Мончегорска Птицы городов России / Отв. ред. В. М. Храбрый. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2012. С. 236–249.

Гилязов А. С. Птицы Лапландского заповедника и прилегающих участков // Флора и фауна заповедников. 1997. Вып. 63. С. 10–39.

Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука. 1965. 278 с.

Гиляров М. С. Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов / В кн.: Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М.: Наука. 1982. С. 8–11.

Гиляров М. С., Криволицкий Д. А. Жизнь в почве. Москва: Молодая гвардия, 1985. 191 с.

Гиляров М. С., Криволицкий Д. А. Радиоэкологические исследования в почвенной зоологии // Зоологический журнал. 1971. Т. 50, № 3. С. 329.

Глазовская М. А. Общее почвоведение и география. М: Высшая школа, 1981. 400 с.

Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука. 1969. 228 с.

Гонтарь О. Б., Жиров В. К., Казаков Л. А., Святковская Е. А., Тростенюк Н. Н. Зеленое строительство в городах Мурманской области. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2010. 292.

Горельшев Д. В., Калинин А. Н. Возможность использования грибов в качестве биоиндикаторов тяжелых металлов // Естественные науки и экология, 2003, № 7. С. 197–199.

Горшков В. В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных сосновых лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 144–159.

ГОСТ 26490-85. Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО.

Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» [Текст]: постановление Правительства РФ от 31 августа 2017 г. № 1064.

Гусева К. А. К методике учета фитопланктона // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. Л., 1959. Т. 2. С. 44–51.

Даувальтер В. А. Геохимия озер в зоне влияния Арктического железорудного предприятия // Геохимия. 2020. Т. 65, № 8. С. 797–810. DOI: 10.31857/S001675252008004X.

Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск: Изд-во Мурманского гос. техн. ун-та, 2012. 242 с.

Даувальтер В. А. Гидрохимия озер в зоне влияния стоков производства железорудного сырья // Вестник МГТУ. 2019. Т. 22, № 1. С. 167–176.

Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Влияние деятельности горно-металлургических предприятий на химический состав озера Имандра, Мурманская область // Биосфера. 2015. Т. 7, № 3. С. 295–314.

Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Распределение фоновых содержаний элементов в донных отложениях озера Имандра // Вестник МГТУ. 2018. Т. 21, № 1. С. 128–138.

Дементьев Д. В. Оценка интенсивности накопления техногенных радионуклидов некоторыми видами грибов и кустарников в лесных экосистемах центральной части Красноярского края // Авторф. дисс... к.б.н. Красноярск, 2007. 22 с.

Дементьев Д. В., Болсуновский А. Я. Исследование накопления гамма-излучающих радионуклидов грибами // Вестник КрасГУ. Естественные науки. 2004. № 7. С. 130–134.

Денисов Д. Б., Валькова С. А., Терентьев П. М., Сандимиров С. С., Вандыш О. И. Современное состояние экосистемы озера Имандра в зоне влияния Кольской АЭС (Мурманская область) // Вода: химия и экология. 2017. № 6. С. 41–51.

Денисов Д. Б., Даувальтер В. А., Кашулин Н. А. Диатомовые комплексы донных отложений озера Имандра в зоне влияния подогретых вод Кольской АЭС // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 9. С. 10–24.

Денисов Д. Б., Кашулин Н. А. Современное состояние водорослевых сообществ планктона в зоне влияния Кольской АЭС (оз. Имандра) // Труды КНЦ РАН: прикладная экология Севера, 3/2013 (16). С. 68–94.

Денисов Д. Б., Кашулин Н. А. Цианопрокариоты в составе планктона озера Имандра (Кольский полуостров) // Труды КНЦ РАН, 2016. № 7(41). Вып. 4. С. 40–56.

Доброхотов Б. П. Особенности применения линейного трансекта при учёте птиц в лесных ландшафтах // Орнитология. 1962. Вып. 5. С. 200–211.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2011 году. Мурманск: ООО «Ростсервис», 2012. 152 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2013 году. Нижний Новгород. 2014. 152 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году. Мурманск, 2015. 177 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2015 году. Мурманск, 2016. 166 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2016 году. Мурманск, 2017. 180 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2017 году. Мурманск, 2018. 165 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2018 году. Мурманск, 2019. 185 с.

Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2019 году. Мурманск, 2020. 177 с.

Доклад о состоянии им об охране окружающей среды Мурманской области в 2012 году. 2013. 152 с.

Доклад об итогах социально-экономического развития Мурманской области за январь-июнь 2013 года URL:http://minec.gov-murman.ru/opencms/export/sites/mineconomy/content/devel_mo/sub01/sub02/22.pdf

Другова Т. П. Листостебельные мхи города Полярные Зори (Мурманская область) // Вестник МГТУ. 2014б. Т. 17, № 1. С. 128–138.

Евдокимова Г. А., Мозгова Н. П. Бактериальный аэропланктон приземного слоя воздуха различных природных и промышленных зон в Кольской Арктике // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 3(26). С. 96–104.

Евдокимова Г. А., Корнейкова М. В., Мозгова Н. П., Редькина, В. В. Микроорганизмы воздушной среды обитания по градиенту загрязнения от комбината «Печенганикель» к заповеднику «ПАСВИК» // Вестник КНЦ. 2012. № 3. С. 22–25.

Егорова Л. Н. Почвенные грибы Дальнего Востока. Л.: Наука, 1986. 192 с.

Жданова Н.Н., Суббота, А.Г., Кондратюк, Т.А., Захарченко, В.А., Харкевич, Е.С., Наконечная, Л.Т. Микроскопические грибы в помещениях различного назначения г. Киева // Успехи медицинской микологии. 2006. Т. 7. С. 44.

Зархи И. М. Опыт первого этапа развития и работы Кольской энергетической системы. // Вопросы энергетики Кольского полуострова. Апатиты: изд. Кольского филиала АН СССР, 1975. С. 15–27.

Иванов А. И. Проблема накопления радионуклидов лекарственными грибами в лесных сообществах Пензенской области // Нива Поволжья. 2011. № 2(19). С. 105–109.

Иванова, А. М., Кирцидели, И. Ю. Микромицеты в воздушном бассейне Санкт-Петербурга // Новости систематики низших растений. 2005. Т. 39. С. 124–128.

Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР // Арктоа. 1992. Т.1. № 1–2. С. 1–85.

Известия всесоюзного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. Т. XLVI. Ленинград, 1956. 65 с.

Ильин В. Б. Тяжёлые металлы в системе почва–растения. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.

Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. М.: Наука, 1985. 129 с.

Исаева Л. Г. Болезни деревьев и кустарников Мурманской области // Грибные сообщества лесных экосистем / Отв. ред. В. Г. Стороженко, А. В. Руоколайнен, А. В. Кикеева. Том 5. М., Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. С. 48–56.

Исаева Л. Г. Содержание элементов в трутовых и съедобных грибах в условиях аэротехногенного загрязнения // Грибные сообщества лесных экосистем / Под ред. В. Г. Стороженко, А. В. Руоколайнен. Том 4. М.; Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. С. 26–37.

Исаева Л. Г., Химич Ю. Р. Содержание элементов в съедобных грибах бореальных лесов Мурманской области // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: сборник материалов VII Междунар. конф. / науч. ред. Л. Г. переведенцева, В. Г. Стороженко, Т. Л. Егошина. Пермь, 2009. С. 68–71.

Исаева Л. Г., Берлина Н. Г., Химич Ю. Р. Афиллофороидные грибы Лапландского заповедника // Труды Лапландского государственного природного биосферного заповедника. М.: Изд-во «Перо», 2012. Выпуск VI. С. 215–239.

Исаков Ю. А. Методы учёта численности водоплавающих птиц / Методы учёта численности и географического распределения наземных позвоночных. М.: изд-во АН СССР, 1952. С. 30–41.

Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М: Мир, 1989. 439 с.

Каган Л. Я. Изменение сообществ диатомовых водорослей при антропогенном преобразовании экосистемы оз. Имандра // Вод. ресурсы. 2001. № 3. С. 329–338.

Казакова О. Н. Ландшафты Мурманской области // Природа и хозяйство Севера. Вып. 3. Апатиты, 1971. С.8–12.

Катаев Г. Д. 75-летний мониторинг численности мелких млекопитающих на Кольском полуострове // Экология. 2012. № 5. С. 383–385.

Катаев Г. Д. Долговременный (1936–2016 гг.) мониторинг видового состава и численности населения мелких млекопитающих северо-таежной Лапландии // Бюлл. МОИП. 2016. Отд. биол. Т. 121. Вып. 6. С. 3–17.

Катаев Г. Д. Изменения в сообществе млекопитающих за 85 лет исследований в Лапландском заповеднике. // Вклад заповедной системы в сохранение биоразнообразия и устойчивое развитие: материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием), посвященной 85-летию организации Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника и 100-летию заповедной системы России. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. С. 214–220.

Катаев Г. Д., Катаева Р. И. Исследование разнообразия млекопитающих Кольского полуострова на основе многолетнего (1930–2014 гг.) мониторинга // Современные тенденции развития особо охраняемых природных территорий. Материалы научно-практической конференции, посвященной 20-летию государственного природного заповедника «Полистовский». 9–11 октября 2014 г., пос. Бежаницы, Псковская обл. Великие Луки. 2014. С. 222–228.

Катаев Г. Д., Макарова О. А., Бойко Н. С. Видовое разнообразие и состояние сообществ млекопитающих Кольского полуострова // Редкие виды млекопитающих России и сопредельных территорий / Сборник статей. М., 1999. С. 147–253.

Катаев Г. Д. Роль мелких млекопитающих в биоиндикации природной среды Кольского Севера // Экотоксикология и охрана природной среды. М.: Наука, 1995. С. 195–199.

Катаев Г. Д., Катаева Р. И. Редкий случай обнаружения рыси *Lynx lynx* L. в пригороде города Мончегорска Мурманской области // VII Международный симпозиум «Динамика популяций охотничьих животных Северной Европы» 24–28 сентября 2018 гг. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. С. 50–51.

Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Л.: Наука, 1981. 188 с.

Катанская В. М. Растительность водохранилищ-охладителей тепловых электростанций Советского Союза. Л.: Наука, 1979. 279 с.

Кашулин Н. А., Сандимиров С. С., Даувальгер В. А., Кудрявцева Л. П., Терентьев П. М., Денисов Д. Б., Вандыш О. И., Валькова С. А. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области: юго-восточная часть Мурманской области (бассейн Белого моря). Апатиты. Изд-во КНЦ РАН. 2012. Ч.1. 221 с., Ч.2. 235 с.

Кизеев А. Н. Содержание ^{137}Cs и ^{40}K в почвенно-растительном покрове в районе расположения Кольской атомной электростанции // Глобальный научный потенциал. 2016. № 5 (62). С. 56–59.

Кизеев А. Н., Константинова Л. И., Тимофеева М. Г., Орлов П. С. Состояние ассимиляционных органов березы в зоне влияния Кольской атомной электростанции // Наука и бизнес: пути развития. 2016. № 8 (62). С. 68–75.

Кизеев А. Н., Манахов Д. В., Силкин К. Ю., Ушамова С. Ф., Попова М. Б. Состояние почвенно-растительного покрова в 30-км зоне Кольской атомной электростанции. Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 4. С. 199–205.

Кизеев А. Н., Силкин К. Ю. Оценка состояния лесных фитоценозов в 30-км зоне Кольской АЭС по наземным и спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 1. С. 125–135.

Кизеев А. Н., Ушамова С. Ф., Константинова Л. И., Тимофеева М. Г., Манахов Д. В., Попова М. Б. Состояние черники обыкновенной в зоне влияния Кольской атомной электростанции // Глобальный научный потенциал. 2017. № 4 (73). С. 40–47.

Кизеев А.Н., Ушамова С.Ф. Исследования растительного покрова в районе расположения Кольской АЭС // Современные проблемы контроля качества природной и техногенной сред : мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина, 2009. С. 130–133.

Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, КарНЦ, 2007. 394 с.

Классификация почв России. М.: Почв. ин-т им. Докучаева, 1997, 235 с.

Кожин М. Н. Редкие виды сосудистых растений и растительные сообщества минеротрофного болота между Кандалакшей и Колвицей (Мурманская область) // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 4. С. 48–64.

Кожин М. Н., Головина Е. О., Копейна Е. И., Кутенков С. А., Сенников А. Н. Дополнения и уточнения по распространению редких и охраняемых видов сосудистых растений Понойской Лапландии (Мурманская область) // Труды КарНЦ РАН. 2018. Т. 1. С. 33–50.

Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Флора Вятского края. Часть 2. Водоросли (Видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов). Киров: ОАО «Кировская областная типография». 2007. 192 с.

Кондакова, Г.В. Биоиндикация. Микробиологические показатели/ Учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2007. 136 с.

Константинова Н. А., Потемкин А. Д., Шляков Р. Н. Список печеночников и антоцеротовых территории бывшего СССР // Арктоа. 1992. Т. 1, № 1–2. С. 87–27.

Копцик Г. Н. Устойчивость лесных почв к атмосферному загрязнению // Лесоведение. 2004, № 4. С. 61–71.

Копчик Г. Н., Копчик С. В., Смирнова И. Е., Кудрявцева А. Д., Турбабина К. А. Реакция лесных экосистем на сокращение атмосферных промышленных выбросов в Кольской Субарктике // Журнал общей биологии. 2016. Т. 77, № 2. С. 145–163.

Корнейкова М. В., Редькина В. В., Шалыгина Р. Р. Альго-микологическая характеристика почв в сосновом и березовом лесах на территории заповедника «Пасвик» // Почвоведение. 2018, № 2. С. 211–220.

Корнейкова, М.В., Мозгова, Н.П. Микромицеты воздуха и почв полуострова Рыбачий // Тезисы докладов VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию Института проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН и 75-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора В. В. Никонова. Апатиты, 16-22 июня 2019 г. С. 105–110.

Королева И. М., Терентьев П. М. Рыбное сообщество озера Имандра (Кольский полуостров) // География и природные ресурсы. 2019. №4. С. 116–124.

Королева Н. Е., Копеина Е. И. К фитоценологии *Thymus sybarcticus* Klok. et Shost. в устье р. Варзуга (Герский берег, Мурманская область) // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 6. С. 79–89.

Костина В. А., Боровичев Е. А., Белкина О. А., Копеина Е. И. Находки редких видов сосудистых растений в Мурманской области. II. // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 6. С. 71–78.

Кравченко А. В., Боровичев Е. А., Химич Ю. Р., Кутенков С. А., Костина В. А., Фадеева М. А. Значимые находки растений, лишайников и грибов на территории Мурманской области // Труды КарНЦ РАН. № 7. 2017. С. 34–50.

Кравченко А. В., Кожин М. Н., Боровичев Е. А., Костина В. А. Новые данные о распространении редких видов сосудистых растений в Мурманской области // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 3. С. 84–89.

Красная книга Мурманской области / Константинова Н. А., Корякин А. С., Бианки В. В., О. А. Макарова (ред.). Кемерово: Азия-принт, 2014. 584 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2008. 855 с.

Криволицкий Д. А. Индикационная зоология // Природа, 1985. № 7. С. 86–91.

Криволицкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 272 с.

Криволицкий Д. А. Почвенная фауна как биоиндикатор радиоактивных загрязнений // Почвенная фауна и почвенное плодородие. М.: Наука, 1987. С. 241–244.

Криволицкий Д. А., Семьяшкина Т. М., Михальцова З. А., Турчанинова В. А. Дождевые черви как биоиндикатор радиоактивного загрязнения почвы // Экология, 1980. № 6. С. 67–72.

Криволицкий Д. А., Тихомиров Ф. А., Федоров Е. А., Смирнов Е. Г. Биоиндикация и экологическое нормирование на примере радиоэкологии // Журн. общ. биол., 1986. Т. 47. № 4. С. 468–478.

Криволицкий П. А., Покаржевский А. Д. Роль почвенных животных в биогенной миграции кальция и стронция-90 // Журнал общей биологии, 1974. Т. 35. Вып. 2. С. 263–269.

Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайных экологических ситуаций и зон экологической бедствий. М.: Минприроды, 1992. 12 с.

Крючков В. В., Моисеенко Т. И., Яковлев В. А. Экология водоемов-охладителей в условиях Заполярья. Апатиты, 1985. 131 с.

Кузьмин Г. В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан, 1984. 48 с.

Кутенков С. А., Боровичев Е. А., Королева Н. Е., Копейна Е. И., Другова Т. П., Костина В. А., Петрова О. В. Флора и растительность охраняемого эвтрофного болота в южном Прихибинье (Мурманская область) // Труды КарНЦ РАН. 2019. № 8. С. 80–96. <http://doi: 10.17076/bg944>.

Лесная энциклопедия: В 2-х т., т.2 / Гл.ред. Воробьев Г.И.; Ред.кол.: Анучин Н.А., Атрохин В. Г., Виноградов В. Н. и др. М.: Сов. энциклопедия, 1986. 631 с.

Лихеноиндикация состояния окружающей среды. Таллин, 1978. 200 с.

Лукин А. А. Интродукция радужной форели *Parasolmomykiss* в озеро Имандра (Кольский полуостров) // Вопросы ихтиологии. 1998. Т. 3. № 4. С. 485–491.

Лукин А. А. Случайное вселение карпа *Surginuscarpius* субарктический водоем // Вопросы ихтиологии. 1999. Т. 39. № 3. С. 431–432.

Лукина Н. В., Полянская Л. М., Орлова М. А. Питательный режим почв северо-таежных лесов. М.: Наука, 2008. 342 с.

Лянгузова И. В., Гольдвирт Д. К., Фадеева И. К. Пространственно-временная динамика загрязнения Al-Fe-гумусового подзола в зоне влияния комбината цветной металлургии // Почвоведение. 2016. № 10. С. 1261–1276.

Мамихин С. В. Роль макромицетов как накопителей ^{137}Cs в лесных экосистемах // Радиационная биология. Радиоэкология. 2012. Т. 52, № 5. С. 546–552.

Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

Маслобоев В. А., Горбачева Т. Т., Евдокимова Г. А., Казаков Л. А., Катаев Г. Д., Переверзев В. Н., Похилько А. А., Раткин Н. Е. Экологическое состояние наземных и водных экосистем в районе Кольской АЭС. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2010. 277 с.

Материалы по ведению Красной книги Мурманской области. Информационный бюллетень. Выпуск 1. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2019. 101 с.

Методика мониторинга лесов по международной программе ICP Forests. ФГУ «Российский центр защиты леса». Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. М., 2008. 46 с.

Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forests (методика ЕЭК ООН). М., 1995. 42 с.

Методы экологических исследований водоемов Арктики/ С. С. Сандимиров [и др.]. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2019. 180 с.

Мина М. В. Задачи и методы изучения роста в природных условиях // Современные проблемы ихтиологии. М.: Наука, 1981. С. 177–195.

Минеева Н. М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ. М.: Наука, 2004. 156 с.

Минин В. А. Состояние и перспективы развития электроэнергетики Мурманской области // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. Т. 8, № 8 (15). С. 7–15.

Моисеенко Т. И., Даувальтер В. А., Лукин А. А., Кудрявцева Л. П., Ильяшук Б. П., Ильяшук Е. А., Сандимиров С. С., Каган Л. Я., Вандыш О. И., Шаров А. Н., Шарова Ю. Н., Королева И. М. / Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра. М: Наука, 2002. 403 с.

Моисеенко Т. И., Денисов Д. Б. Возможно ли восстановление озерной арктической экосистемы после длительного загрязнения? // Арктика: экология и экономика. 2019 № 4 (36). С. 16–25.

Моисеенко Т. И., Родюшкин И. В., Даувальтер В. А., Кудрявцева Л. П. Формирование качества вод и донных отложений в условиях антропогенных нагрузок на водоемы арктического бассейна (на примере Кольского Севера). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1996. 263 с.

Морозова О.В. Таксономическое богатство флоры Восточной Европы: факторы пространственной дифференциации М.: Наука, 2008. 328.

Наумов Р. Л. Методика абсолютного учёта птиц в гнездовой период на маршрутах // Зоол. журнал. 1965. Т. 1. С.81–92.

Нехаев И. О., Платов Д. М. От моря Черного к морю Белому: первая находка инвазийного моллюска *Physella acuta* на крайнем севере Европы // Российский журнал биологических инвазий. 2016. № 3. С. 61–65.

Никанов А. Н., Жиров В. К., Кизеев А. Н., Карначев И. П. Радиационно-экологический мониторинг древесной растительности в индустриально развитых регионах Арктической зоны Российской Федерации // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Ю.А. Омельчук, Н.В. Ляминой, Г.В. Кучерик. 2017. С. 962–966.

Нифонтова М. Г. Накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs лишайниками в условиях эксперимента // Экология. 1976. № 1. С. 89–92.

Нифонтова М. Г., Алисашенко В. Н. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в грибах, лишайниках и мхах // Экология. 1992. № 3. С. 26–30.

Нифонтова М. Г., Куликов Н. В. О накоплении стронция-90 и цезия-137 лишайниками в природных условиях // Экология. 1977. № 3. С. 93–96.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. 299 с Парибок Т. А. Загрязнение растений металлами и его эколого-физиологические последствия // Растения в экстремальных условиях минерального питания. Л.: Наука.1983. С. 82–100.

Паспорта программ комплексного развития моногородов Мурманской области. URL:http://minec.gov-murman.ru/content/devl_city/sub06/sub04

Пельгунов А. Н., Пельгунова Л. А. Накопление радионуклидов грибами на территории национального парка «Плещеево озеро» // Поволжский экологический журнал. 2015. № 3. С. 301–306.

Переверзев В. Н. Зональные особенности альфагумусового почвообразования на моренных породах Кольского полуострова // Почвоведение. 2007. № 1. С 5–11.

Переверзев В. Н. Лесные почвы Кольского полуострова. М: Наука, 2004. 232 с.

Переверзев В. Н. Почвообразование в лесной зоне Кольского полуострова // Вестник КНЦ РАН. 2011. № 2. С. 74–82.

Петрова-Никитина, А.Д., Мокеева, В.Л., Желтикова, Т.М., Чекунова, Л.Н., Антропова, А.Б., Мокроносова, М.А., Биланенко, Е.Н., Сизова, Т.П. Микобиота домашней пыли г. Москвы // Микология и фитопатология. – 2000. – Т.34 (3). – С. 25–33.

Пожиленко В. И., Гавриленко Б. В., Жиров Д. В., Жабин С. В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2002. 359 с.

Покаржевский А. Д., Жулидов А. В., Михальцова З. А., Гусев А. А. Зольность и химический состав почвенных животных // Экология, 1983. № 5. С.43–49.

Покаржевский А. П. Накопление почвенными животными изотопных и неизотопных носителей искусственных радионуклидов // Радиоэкология почвенных животных. М.: Наука, 1985. С.80–96.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 456 с.

Приклонский С. А. Инструкция по зимнему маршрутному учету охотничьих животных. М.: Колос. 1979. 16 с.

Пристяжнюк С. А. Оценка состояния растительного покрова методами лишеноиндикации (на примере Севера Средней Сибири) // Сибирский экологический журнал. 2008. Т. 15, № 3. С. 407–415.

Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года. <https://www.economy.gov.ru/material/file/a5f3add5deab665b344b47a8786dc902/prognoz2036.pdf> (дата обращения 29.06.2020)

Протасов А. А., Силаева А. А., Новоселова Т. Н., Громова Ю. Ф., Морозовская И. А., Степанова Т. И. Техноэкосистема АЭС: 18 лет гидробиологических наблюдений. // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2017. Т. 10, № 4. С. 459–484.

Проект организации и ведения лесного хозяйства Мончегорского лесхоза Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Мурманской области. Таксационное описание. Санкт-Петербург, 2001-2002.

Разумовская А. В., Петрова О. В. Флора макрофитов озера Имандра // Ботанический журнал. 2017. Т. 102, №1. С. 62–78.

Редкие и нуждающиеся в охране животные и растения Мурманской области. Мурманск, 1979. 160 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Кольский полуостров / Под ред. Ю.А. Елшина. Л.: Гидрометеиздат, 1970. Т.1. 316 с.

Сандимиров С. С. Влияние технического водоснабжения Кольской АЭС на содержание тяжелых металлов в озере Имандра // Вода и экология: проблемы и решения, 2020. № 2 (82). С. 93–103.

Сандимиров С. С., Кудрявцева Л. П., Петрова О. В. Современное состояние гидрохимических показателей южных плесов озера Имандра // Вода: Химия и Экология, 2017. № 2. С. 9–19.

Санжарова Н. И., Панов А. В., Кузнецов В. К., Исамов Н. Н., Карпенко Е. И., Гордиенко Е. В., Микаилова Р. А. Комплексный радиационно-экологический мониторинг в районе расположения радиационно опасных объектов как составная часть единой системы государственного экологического мониторинга // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2019. № 1. С. 131–142.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 1.3.2322-08. Безопасность работы с микроорганизмами III-IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней / Минздрав России. М., 2008. 51 с.

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы / Минздрав России. М., 2003. 16 с.

СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».

СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Саттон Д.А., Фотергилл А.В., Ринальди М.Г. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 470 с.

Сафронова И.Н., Юрковская Т.К., Микляева И.М., Огуреева Г.Н. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий. М 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте. М.: Географический факультет МГУ, БИН РАН, 1999. 64.

Свириденко Б. Ф., Мамонтов Ю. С., Свириденко Т. В. Использование гидромаркфитов в комплексной оценке экологического состояния водных объектов Западно-Сибирской равнины. Сургут, 2012. 231 с.

Святковская Е.А. Формирование садово-парковых ландшафтов в городах Кольского Севера. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2007. 102 с.

Святковская Е.А., Салтан Н.В., Тростенюк Н.Н. Видовой состав и состояние аборигенных и интродуцированных древесных растений в зоне влияния железнодорожного транспорта в условиях Кольского Заполярья // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 2(31). С. 109–114.

Семенов-Тянь-Шанский О. И. Звери Мурманской области. Мурманск: Мурманское книжное изд., 1982. 176 с.

Семенов-Тянь-Шанский О. И. Цикличность в популяциях лесных полевок // Бюлл. МОИП. 1970. Отд. биол. Т. 75. Вып. 2. С. 11–26.

Семенов-Тянь-Шанский О. И., Гилязов А.С. Птицы Лапландии. М.: Наука, 1991. 288 с.

Смирнов А. Ф. Рыбы озера Имандры // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск, 1977. 96 с.

Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах / Под ред. Й. Ленгле-ра, Г. Дрекса, Г. Шлегеля. М.: Мир, 2005. 1192 с.

Соколов В. Е., Криволицкий Д. А., Федоров Е. А., Покаржевский А. Д., Рябцев И. А., Усачев В. Л. Принципы и методы использования диких животных в биоиндикации глобальных радиоактивных загрязнений // Успехи современной биологии, 1986. № 1. С. 115–125.

Справочник по климату СССР. Вып. 2. Мурманская область. Ч. 1: Температура воздуха. Мурманск, 1973. 88 с.

Справочник по климату СССР. Вып. 2. Мурманская область. Ч. 2: Осадки. Мурманск, 1975. 272 с.

Справочник по климату СССР. Вып. 2: Мурманская область. 4. IV: Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 176 с.

Стратегия социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.csr-nw.ru/files/csr/file_category_169.pdf (дата обращения 29.06.2020 г.)

Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года [Текст]: постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 года N 1505. http://mines.gov-murman.ru/content/strat_plan/sub01/index.html / (дата обращения 09.09.2020 г.)

Сухарева Т. А. Пространственно-временная динамика микроэлементного состава хвойных деревьев и почвы в условиях промышленного загрязнения // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. № 6. 2013. С. 19–28.

Сухарева Т. А. Пространственно-временная изменчивость кислотности почв северотаежных лесов при снижении техногенной нагрузки // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2018. Т. 21. № 1. С. 99–108.

Сухарева Т. А. Трансформация элементного состава почвы еловых лесов в условиях долговременного атмосферного загрязнения // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. Вып. 16. С. 568–572.

Терентьев П. М., Кашулин Н. А. Трансформации рыбной части сообществ водоемов Мурманской области // Труды КНЦ РАН. 2012. Вып. 2. С. 61–100.

Терентьев П. М., Кашулин Н. А., Зубова Е. М. Роль европейской корюшки *Osmerus eperlanus* (Linnaeus) в структуре ихтиофауны бассейна оз. Имандра (Мурманская область) // Труды ЗИН. 2017. Т. 321, №2. С. 228–243.

Тихомиров Ф. А. Действие ионизирующих излучений на экологические системы, М.: Атомиздат, 1972. 176 с.

Тихомиров Ф. А., Щеглов А. И., Цветнова О. Б. Грибы как биоиндикаторы доступности Cs-137 в почвах зоны радиоактивного загрязнения // III Всес. конф. по с.-х. радиол.: Тез. докл. Т. 1. Обнинск, 1990. С. 45–46.

Трасс Х. Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоздат, 1984. Т. 7. С. 122–137.

Урбонас В. А., Ясюлёнис Р. Ю., Станкявичене Д. Р., Смильгевичюте Д. А., Гудялис А. Ю. Изучение содержания радионуклидов в некоторых съедобных грибах, произ-

растающих в юго-восточной части Литвы // Физика атмосферы. Вып. 14. Вильнюс: Mokslas Publishers, 1989. С. 127–131.

Ушакова Г. И. Биогеохимическая миграция элементов и почвообразование в лесах Кольского полуострова. Апатиты: КНЦ РАН, 1997. 150 с.

Федеральный Закон от 16 июля 1998 года № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». <http://base.garant.ru/12112328/> (дата обращения 09.09.2020 г.)

Федоров В. Н., Елишевич Н. В. Аккумуляция радионуклидов грибами: экологические связи и возможности индикации // *Miscellaneous*. 1998. Vol. 30. Is. 23. P. 77–87.

Флора Мурманской области в 5 томах. М.–Л. 1953–1966.

Фуртаев А. И., Минин В. А. Показатели эксплуатации Кольской АЭС, уровень безопасности и направления развития // *Электрические станции*. 2018. № 10 (1047). С. 31–37.

Фуртаев А. И., Минин В. А., Якимов М. Ю. Кольская АЭС, ее роль в энергетике Кольско-Карельского региона, перспективы развития // *Вестник Кольского научного центра РАН*. 2017. Т. 9. № 2. С. 95–105.

Химич Ю. Р., Ширяев А. Г., Исаева Л. Г., Берлина Н. Г. Напочвенные афиллофороидные грибы Лапландского заповедника // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2017. № 1. С. 50–61.

Химич Ю. Р., Ширяев А. Г., Исаева Л. Г., Боровичев Е. А. Новые данные о распространении краснокнижных видов грибов в Мурманской области // *Труды Карельского научного центра РАН*. 2021. (в печати)

Цинзерлинг Ю. Д. Результаты исследования болот и некоторых других геоботанических наблюдений в районе оз. Имандра // *Очерки по фитосоциологии и фитогеографии*. М.: Новая деревня, 1929. С. 147–156.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). С.-Пб, 1995. 992 с.

Черных Н. А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. М.: Изд-во РУДН, 2003. 430 с.

Шлякова Е. В. Каталог сорных растений Мурманской области. Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1982. 66 с.

Шуцкий В. И., Кузнецов Н. М., Токарева Е. А., Фищук С. А. Анализ и прогнозирование энергопотребления в Мурманской области // *Промышленная энергетика*. 1998. № 10. С. 5–9.

Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах (по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС). М.: Наука, 2000. 268 с.

Экологический атлас Мурманской области. Москва-Апатиты, 1999. 48 с.

Alebic-Juretic A., Arko-Pijevac M. Air pollution damage to cell membranes in lichens – results of simple biological test applied in Rijeka, Yugoslavia // *Water, Air, and Soil Pollution*. 1989. Vol. 47. № 1–2. P. 25–33.

Alonso J. Bioacumulación de metales pesados y otros contaminantes en macromicetos // Recursos Rurais. 2006. Serie cursos 3. P. 19–28.

Ammann K., Herzig R., Liebendorfer L., Urech M. Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland // Advances in Aerobiology. Birkhauser Verlag, Basel, 1987. P. 401–406.

Barnett C. L., Beresford, N. A., Self P. L., Howard B. J. et al. Radiocaesium activity concentrations in the fruit-bodies of macrofungi in Great Britain and an assessment of dietary intake habits // Sci. Total Environ. 1999. № 231. P. 67–83.

Benndorf D., Müller A., Bock K., Manuwald O., Herbarth O., von Bergen M. Identification of spore allergens from the indoor mould *Aspergillus versicolor*. Allergy. 2008. V. 63(4). P. 454–460. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2007.01603.x>

Bolshakov S. Yu., Potapov K. O., Ezhov O. N., Volobuev S. V., Khimich Yu. R., Zmitrovich I. V. New species for regional mycobiotas of Russia. 1. Report 2016 // Микология и фитопатология, 2016. Т. 50, вып. 5. С. 275–286.

Boychuk M. A., Borovichev E. A. New moss records from Murmansk Province. 6 – In: Sofronova E.V. (ed.) New bryophyte records. 9 // Arctoa. 2017. V. 26. N 2. P. 214–227.

de Hoog G.S., Guarro J., Gené J., Figueras M.J. Atlas of clinical fungi. CD-ROM vers. 3.1. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands. 2011.

Deruelle S., Garcia-Schaeffer F. Les lichens bioindicateurs de la pollution atmospherique dans la Region Parisienne // Cryptogamie, Bryologie et Lichenologie 1983. № 4. P. 47–64.

Determination of photosynthetic pigments in seawater: monography / Rep. of SCOP-UNESCO Working Group 17. Paris, UNESCO. 1966. P. 9–18.

Domsh K.H., Gams W., Anderson T.H. Compendium of soil fungi. Eching: IHW-Verlag. 2007. 672 p.

Ettl H., Gärtner G. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. 2., ergänzte Auflage. Springer Berlin Heidelberg. 2014. 773 p.

Evdokimova G.A., Mozgova N.P., Korneykova M.V. The content and toxicity of heavy metals in soils affected by aerial emissions from the Pechenganikel plant. Eurasian Soil Science. 2014. V. 47(5). P. 504–510. <https://doi.org/10.1134/S1064229314050044>

Fрати L., Brunialti G. Long-term biomonitoring with lichens: comparing data from different sampling procedures // Environmental Monitoring and Assessment 2006. Vol. 119. N 1–3. P. 391–404.

Giordani P. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy // Environmental Pollution 2007. Vol. 146. N 2. P. 317–323.

Green B. J. Emerging Insights into the Occupational Mycobiome. Current Allergy and Asthma Reports. – 2018. – V. 18(62). – P. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11882-018-0818-2>

Guillitte O., Fraiture A., Lambinon J. Soil-fungi radiocaesium transfers in forest ecosystem // Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environments. London: Elsevier, 1990. P. 468–476.

Guillitte O., Gasia M. C., Lambinon J., Fraiture A., Colard J., Kirchmann R. La radiocontamination des champignons sauvages en Belgique au Grand-Duché de Luxembourg après l'accident nucléaire de Tchernobyl // *Memoires de la Societe Royale de Botanique de Belgique*. 1987. Vol. 9. P. 79–93.

Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase* // World-wide electronic publication. National University of Ireland. Galway, 2019. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения 09.09.2020 г.)

Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // *Water Res.* 1980. Vol. 14. P. 975–1001.

Hawksworth D. L., Rose F. *Lichen as pollution monitors*. London: Edward Arnold, 1976. 66 p.

Hawksworth D. L., Rose F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens // *Nature*. 1970. № 227. P. 145–148.

Hoffman G., Pallauf, J. Eine kolorimetrische methode zur Bestimmung der Saccharase-Aktivität von Boden // *Z. Pfl., Düng. Bodenk.* 1965. Bd. 110(3). S. 93–101. <https://doi.org/10.1002/jpln.19651100304>

Index Fungorum. A nomenclatural database. <http://www.indexfungorum.org>. 2020. (дата обращения 07.08.2020 г.)

Isaeva L. G., Khimich Iu. R., Zmitrovich I. V., Berlina N. G. Towards an inventory of the mycobiota of the Lapland State Nature Biosphere Reserve (Murmansk Region, North-West Russia) // *Folia Cryptogamica Estonica*, 2015. Fasc. 52. P. 29–33.

Jędryczka M. Aeromycology: studies of fungi in aeroplankton. *Folia Biologica Et Oecologica*. 2014. V. 10(1). P. 18–26. <https://doi.org/10.2478/fobio-2014-0013>.

Jüriado I., Liira J., Paal J. Diversity of epiphytic lichens in boreo-nemoral forests on the North-Estonian limestone escarpment: the effect of tree level factors and local environmental conditions // *Lichenologist*. 2009. Vol. 41. №. 1. P. 81–96.

Klich M.A. Identification of common *Aspergillus* species. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, Netherlands. 2002. 116 p.

Komárek J. Cyanoprokaryota 3: Heterocytous Genera. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Springer-Verlag, Berlin. 2013. 1133 p.

Komárek J., Anagnostidis, K. Cyanoprokaryota 2: Oscillatoriales. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 2005. 759 p.

Kótai J. Instructions for Preparation of Modified Nutrient Solution Z8 for Algae. Norwegian Institute for Water Research, Publ. B-11/69, Blindern, Oslo. 1972. 5 p.

Lasat M. M. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms // *J. Environ. Qual.* 2002. V. 31 (1). P. 109–120.

Li D.-W., Kendrick B. A year-round comparison of fungal spores in indoor and outdoor air. *Mycologia*. 1995. Vol. 87(2). P. 190–195. <https://doi.org/10.1080/00275514.1995.12026520>

Lukin A. A. The present State of an Arctic Charr (*Salvelinus alpinus* L.) population in Lake Imandra Subjected to Over-Fishing // *Journal of Ichthyology*. 2013. Vol. 53, №. 10. P. 1–5.

Niedoszytko M., Chelmińska M., Jassem E., Czestochowska E. Association between sensitization to *Aureobasidium pullulans* (*Pullularia* sp.) and severity of asthma. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 2007. Vol. 98(2). P. 153–156. [https://doi.org/10.1016/s1081-1206\(10\)60688-6](https://doi.org/10.1016/s1081-1206(10)60688-6)

Nimis P. L., Giovani C., Padovani R. La contaminazione da ¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs nei macromiceti del Friuli Venezia Giulia nel 1986 // *Studia Geobotanica*. 1986. Vol. 6. P. 1–121.

Nimis P. L., Scheidegger C., Wolseley P. A. (eds.) *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002. 408 p.

Olsen R.A., Hovland J. *Fungal Flora and Activity in Norway Spruce Needle Litter: Report. As: Agricultural University of Norway*. 1985. 41 p.

Pacyna J. M., Pacyna E. G. An assessment of global and regional emissions of trace elements to the atmosphere from anthropogenic sources worldwide // *Environ. Rev.* 2001. Vol. 4. P. 269–298.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserbach*. 1955. Bd. 96 (18). 604 s.

Pearson L. C., Henriksson E. Air pollution damage to cell membranes in lichens II. Laboratory experiments // *The Bryologist*. 1981. Vol. 84. P. 515–520.

Pelkonen R., Alfthan G., Järvinen O. Cadmium, lead, arsenic and nickel in wild edible mushrooms // *The Finnish Environment*. 2006. Vol. 17. 60 p.

Redkina V.V., Shalygina R.R., Korneykova M.V. Microfungi, algae and cyanobacteria in soils polluted with fluorine (Kola Peninsula, Russia) // *Czech Polar Reports*. 10 (1): 94–109, 2020. <https://doi.org/10.5817/CPR2020-1-9>

Richardson D. H. S. *Pollution Monitoring with Lichens*. Richmond Publishing Co. Ltd., Slough, 1992. 76 p.

Ruttner-Kolisko A. Suggestion for biomass calculation of planktonic rotifers // *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.* 1977. Bd. 8. P. 71–78.

Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tonsberg T., Vitikainen O. *Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia*. Uppsala, 2004. 359 p.

Seaward M. R. D. Large-scale air pollution monitoring using lichens // *GeoJournal* 1992. N 28. P. 403–411.

Seaward M. R. D. Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies // *Environ. Rev.* 1993. № 1. P. 73–91.

Seifert K. A., Morgan-Jones G., Gams W., Kendrick B. *The genera of Hyphomycetes*. Utrecht: CBS, Reus. 2011.

Sennikov A.N., Kozhin M.N. The history of the Finnish botanical exploration of Russian Lapland in 1861 and 1863 // *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*. 2018. T. 94. C. 1–35.

Simon-Nobbe, B., Denk, U., Pöll, V., Rid, R., Breitenbach, M. The Spectrum of Fungal Allergy. *International Archives of Allergy and Immunology*. 2007. Vol. 145(1). P. 58–86. <https://doi.org/10.1159/000107578>

Sladeczek V. *General biological scheme of water quality. Sanitary and Technical Hydrobiology*. Nauka: Moscow, Russia. 1967. P. 26–31.

- The Future of Nuclear Power. Massachusetts Institute of Technology. 2003. 180 p.
- Tikkanen T. Kasviplanctonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986. 279 p.
- Trass H. Lichen sensitivity to the air pollution and index of poleotolerance (I.P.) // *Folia Cryptog. Estonica*. 1973. № 3. P. 17–34.
- Uotila P. Finnish botanists on the Kola Peninsula (Russia) up to 1918 // *Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica*. 2013. T. 89. C. 75–104.
- von Arb C., Mueller C., Ammann K., Brunold C. Lichen physiology and air pollution. II. Statistical analysis of the correlation between SO₂, NO₂, NO and O₃, and chlorophyll content, net photosynthesis, sulphate uptake and protein synthesis of *Parmelia sulcata* Taylor // *New Phytologist* 1990. Vol. 115. № 3. P. 431–437.
- Weikl, F., Radl, V., Munch, J. C., Pritsch, K. Targeting allergenic fungi in agricultural environments aids the identification of major sources and potential risks for human health. *Science of The Total Environment*. 2015. Vol. 529. P. 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.056>
- Wirth V. The influence of water relations on lichen SO₂-resistance // *Bibliotheca Lichenologica*. 1987. № 25. P. 347–350.
- Yarvinen O., Vaisanen R. A. Estimating relative densities of breeding birds by the line transect method // *Oikos*. 1975. Vol. 26. P. 316–322.
- Zoetl H. W., Huettl R. F. (ed.) *Management of nutrition in forests under stress*. Kluwer, Dordrecht, 1991. 668 p.
- Zubova E. M., Kashulin N. A., Terent'ev P. M., Denisov D. B., Val'kova S. A. Linear growth of sparsely rakered whitefish *Coregonus lavaretus* (Coregonidae) of the Imandra Lake (Murmansk Oblast) // *Journal of Ichthyology*. 2016. V. 56. № 4. P. 588–599.

Приложение 1

Типология биотопов (местообитаний, habitats) в 15-км зоне вокруг Кольской АЭС

Для объединения биотопов в группы по степени сходства широко используются признаки не только состава и структуры растительности, но и собственно экотопа (состава и богатства субстрата, увлажнения, снегообеспеченности и т.д.). Обычно типология биотопов (местообитаний, habitats) основывается на результатах ранее выполненной классификации растительности. Типология местообитаний используется в основном для целей инвентаризации и охраны природы. Для этих целей в странах, которые входят в Совет Европы, создается единая система типологии биотопов или местообитаний (habitats) (<http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>). Эта система хорошо разработана для лесных и приморских типов растительности. Но типологические единицы местообитаний тундровой зоны в типологии EUNIS очень широкий или неопределенный объем.

Список основных биотопов в районе исследований выполнен на базе геоботанических и флористических исследований растительности. Использован принцип выделения типов биотопов с учетом структуры, состава растительных сообществ и их положения в ландшафте. Последующее объединение их в группы вели на основании свойств эдафотопы, характера увлажнения и снегообеспеченности местообитания [Королева, 2008, 2011]. Названия типов местообитаний европейской базы данных EUNIS приведены вместе с русскими названиями для приведения в соответствие с европейскими схемами классификаций, которые привлекаются для выполнения Бернской Конвенции об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе [Convention ..., 1979].

В районе исследований, следуя европейской типологии наземных и водных местообитаний EUNIS, распространены биотопы 6 крупных групп:

- **В. Местообитания побережий;**
- **С. Водные внутриконтинентальные местообитания;**
- **Д. Болота;**
- **Е. Луга и местообитания с доминированием трав, мохообразных и лишайников;**
- **Ф. Пустоши, кустарники и тундры;**
- **Г. Леса и облесенные местообитания.**

Названия видов приведены в соответствии со списками: Игнатов, Афонина, 1992; Константинова и др., 1992; Черепанов, 1995; Santesson et al., 2004.

ЕСТЕСТВЕННАЯ НАЗЕМНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СЕВЕРО-ТАЕЖНЫЕ ЛЕСА И БЕРЕЗОВЫЕ КРИВОЛЕСЬЯ И МЕЛКОЛЕСЬЯ

Класс биотопов: лишайниковые северо-таежные леса и березовые криволесья на маломощных сильно дренированных сухих почвах.

Группа биотопов: сосновые леса кустарничково-лишайниковые.

Биотоп: сосняки кустарничково-кладониевые на склонах и вершинах моренных холмов и гряд холмисто-грядовой аккумуляционной равнины (иногда заболоченной), на высоких облесенных грядах аапа-комплексов, на песчаных аллювиальных террасах, на горных педиментах и в пологих нижних частях склонов, на коренных породах, перекрытых маломощными моренными наносами.

Асс. *Cladonio arbusculae*—*Pinetum* (Cajander 1921) К.-Lund 1967.

EUNIS: G3.B43 Northern boreal lichen pine taiga / Северные бореальные таежные лишайниковые сосновые леса.

Характерные виды: *Pinus sylvestris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Ptilidium ciliare*, *Cladonia arbuscula*, *Cetraria islandica*, *Cladonia furcata*, *C. squamosa*, *C. pyxidata*. Сомкнутость древостоя 0.3–0.5, высота деревьев 9–12 м, имеется подрост сосны, ели и березы. Подлесок почти отсутствует, исключая небольшое количество можжевельника, березы и рябины. Травяно-кустарничковый ярус сплошной, в нем обычны кустарнички брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), голубика (*V. uliginosum*), черника (*V. myrtillus*), вороника (*Empetrum hermaphroditum*), иногда в виде куртин, в нем обычны вереск (*Calluna vulgaris*), толокнянка (*Arctostaphylos uva-ursi*).

В мохово-лишайниковом ярусе преобладают лишайники рода кладония (*Cladonia stellaris*, *C. mitis*, *C. rangiferina*, *C. gracilis* и др.) которые создают характерный белый аспект. В напочвенном покрове встречаются мхи плеурозиум Шребера (*Pleurozium schreberi*), гилокомиум (*Hylocomium splendens*) и виды рода дикранум (*Dicranum* sp.), также печеночники барбилофозия плауновидная (*Barbilophozia lycopodioides*) и птилидиум реснитчатый (*Ptilidium ciliare*). Эти сосновые леса в различной степени повреждены пожарами, особенно вблизи железной дороги.

Биотоп: Сосняки кустарничковые скальные на коренных обнажениях и уступах денудационно-тектонической равнины.

Асс. *Flavocetrario nivalis*—*Pinetum* Morozova 2008.

EUNIS: G3.B44 Boreal rock-outcrop pine woodland / Бореальные сосновые леса на выходах коренных пород.

Характерные виды *Cladonia arbuscula*, *Flavocetraria nivalis*, *Stereocaulon paschale*, *S. alpinum*, *Cladonia chlorophaea*, *Cladonia cenotea*, *C. gracilis*, *Nephroma arcticum*, *Cetraria ericetorum*, *Arctoparmelia centrifuga*. Сомкнутость древесного яруса из сосны 0.3–0.5, с примесью березы, в подлеске *Juniperus communis*, *J. sibirica*, *Sorbus* sp., *Salix caprea*, *S. hastata*, *S. phylicifolia*, подрост ели, сосны и березы. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Calluna vulgaris*, *Vaccinium*

vitis-idaea, с высоким постоянством *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*. В мохово-лишайниковом покрове, преобладают лишайники, доминируют *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*, из мхов присутствуют *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum juniperinum*, *Polytrichum piliferum*, местами – *Barbilophozia lycopodioides*.

Группа биотопов: березовые криволесья кустарничково-лишайниковые.

Биотоп: березовые криволесья кустарничково-флавоцетрариевые на склонах преимущественно южной экспозиции, на маломощных щебнистых почвах на коренных обнажениях и вершинах моренных холмов, в верхних частях склонов речных долин-ущелий

Асс. *Empetro-Betuletum pubescentis cetrarietosum nivalis* (Nordh. 1943) Wehberg 2007.

EUNIS: G1.91721. Oro-Scandian crowberry-lichen birch woods / Горные скандинавские кустарничково-лишайниковые березовые леса

Характерные виды *Flavocetraria nivalis*, *Cetraria ericetorum*, *Cladonia arbuscula*, *Stereocaulon paschale*, *S. alpinum*. Сомкнутость древесного яруса из березы до 0.5, высота 1.5–3 м, всегда есть примесь сосны, жизненная форма извилистого и многоствольного дерева, стланика, кустарника. В подлеске *Juniperus communis*, *J. sibirica*, *Sorbus* sp., *Salix caprea*, *S. phyllicifolia*, подрост березы. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*. Сообщества занимают выпуклые части склонов на верхней границе пояса березовых криволесий, характеризуются невысокой сомкнутостью древесного яруса и невысоким покрытием травяно-кустарничкового яруса преобладанием и аспектом флавоцетрарии снежной.

Биотоп: березовые криволесья воронично-кладониевые на склонах гор и моренных холмов, на повышенных элементах рельефа холмисто-грядовой структурно-денудационной равнины

Асс. *Empetro-Betuletum pubescentis cladonietosum stellaris* (Nordh. 1943) Wehberg 2007.

EUNIS: G1.91721. Oro-Scandian crowberry-lichen birch woods / Горные скандинавские кустарничково-лишайниковые березовые леса.

Характерные виды *Cladonia stellaris*, *C. arbuscula*, *Stereocaulon paschale*, *S. alpinum*. Сомкнутость древесного яруса из березы до 0.5, высота 1.5–3 м, есть примесь сосны, жизненная форма березы и сосны – извилистого и многоствольного дерева, стланика, кустарника. В подлеске *Juniperus communis*, *J. sibirica*, *Sorbus* sp., *Salix caprea*, *S. phyllicifolia*, подрост березы. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают *Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*. Сообщества занимают выпуклые части склонов на верхней границе пояса березовых криволесий, характеризуются невысокой сомкнутостью древесного яруса и невысоким покрытием травяно-кустарничкового яруса преобладанием и аспектом кладоний.

Класс биотопов: кустарничково-зеленомошные северо-таежные леса и березовые криволесья на сухих и свежих умеренно дренированных почвах средней мощности.

Группа биотопов: сосновые леса кустарничковые зеленомошные и лишайниково-зеленомошные.

Биотоп: сосняки кустарничковые зеленомошные и лишайниково-зеленомошные на озерных флювиогляциальных террасах, в нижних частях горных склонов и варак, в понижениях и на склонах холмов на аккумулятивных террасах и на структурно-денудационных равнинах.

Асс. *Barbilophozio–Pinetum boreale* Br.-Bl. et Siss. 1939 em. K.-Lund 1967.

EUNIS: G3.B12 Barbilophozia birch-pine taiga / Березово-сосновые таежные леса с покровом из барбилофозии.

Характерные виды: *Barbilophozia lycopodioides*, *Pinus sylvestris*, *Dicranum spadicum*, *D. scoparium*, *D. majus*. Древесный ярус сомкнутостью 0.5–0.7, высотой 7–10(15) м, иногда со примесью березы пушистой и повислой и ели. Подрост в небольшом количестве. В подлеске единичные можжевельник, береза, осина и рябина. Травяно-кустарничковый ярус хорошо развит, в нем преобладают вороника, черника, брусника, обычны луговик, грушанка круглолистная, седмичник. Для мохово-лишайникового яруса характерна высокая мозаичность, обычны *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, встречаются *Hylocomium splendens*, *Dicranum congestum*, *D. scoparium*, *Barbilophozia lycopodioides*. Лишайники распространены пятнами (*Cladonia stellaris*, *C. rangiferina*, *C. mitis*, *C. uncialis*, реже – *Peltigera aphthosa*). Сообщества распространены в более благоприятных условиях увлажнения и питания, чем сухие лишайниковые сосновые леса.

Группа биотопов: еловые леса кустарничковые и травяно-кустарничковые зеленомошные.

Биотоп: ельники кустарничковые и травяно (деренно)-кустарничковые зеленомошные на предгорных равнинах и в нижних пологих частях склонов гор, по долинам рек, на флювиогляциальных приозерных равнинах и на аккумулятивных террасах, на волнистой структурно-денудационной равнине.

Асс. *Empetro–Piceetum obovatae* Morozova 2008.

EUNIS: G3.A11 Bilberry western spruce taiga / Западные таежные ельники брусничники.

Характерные виды *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium myrtillus*, *Ledum palustre*, *Chamaepericlymenum succicum*, *Melampyrum sylvaticum*, *Polytrichum commune*, *Dicranum majus*.

Древесный ярус из ели местами с березой, средняя сомкнутость – 0.2–0.4. В подросте – береза, ель, изредка встречается сосна и осина. В подлеске можжевельник, ивы, подрост березы и рябины. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают черника и вороника. Велико покрытие мохообразных и лишайников, представленных примерно в равных долях, доминирует *Pleurozium schreberi*, постоянно встречаются *Ptilidium ciliare*, *Dicranum majus*, *D. scoparium*, *Hylocomium splendens*. В более влажных местах крупными куртинами встречается сфагнум Гиргензона (*Sphagnum girgensohnii*) и политрихум обыкновенный (*Polytrichum commune*). Из лишайников преобладает *Cladonia stellaris*, местами довольно обильны *C. arbuscula*, *C. gracilis*, *Nephroma arcticum*.

Группа биотопов: березовые криволесья травяно-кустарничково-зеленомошные.

Биотоп: березовые криволесья кустарничково (деренно)-зеленомошные на горных склонах разной крутизны, на облесенных лесотундровых возвышенностях (вараках), в более оснеженных и менее экспонированных к ветру элементах ландшафта.

Асс. *Empetro-Betuletum hylocomietosum* Nordh. 1943 em. Dierssen 1996.

EUNIS: G1.91723. Oro-Scandian bilberry-dwarf cornel birch woods / Горные скандинавские бруснично-деренные березовые леса.

Характерные виды *Betula czerepanovii*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*. В древесном ярусе сомкнутостью 0.05–0.3, высотой до 2–3 м береза Черепанова, которая имеет саблевидную, кривоствольную, многоствольную форму роста, с примесью сосны и ели. В кустарниковом часто отмечен можжевельник и ерник, а также рябина, реже отдельные виды ив, имеется подрост березы с примесью ели. Травяно-кустарничковый ярус имеет высокое проективное покрытие, в нем обилён луговик извилистый, преобладают дерен шведский и характерные лесные кустарнички вороника, черника, брусника. Мохово-лишайниковый покров также хорошо выражен и представлен зелеными мхами и лишайниками. Местами в моховом ярусе преобладают политриховые мхи, что свидетельствует о постпирогенном характере формирования данных участков. Постоянное присутствие лишайников р. *Cladonia* и местами доминирование *Empetrum hermaphroditum* сближает сообщества данной ассоциации и тундровые кустарничково-зеленомошные сообщества. Березовые криволесья кустарничково-зеленомошные распространены выше таежных сообществ и на верхней границе пояса тайги, в местах, защищенных зимой снежным покровом, часто в комплексе с сосновыми зеленомошными лесами.

Класс биотопов: разнотравных и крупнотравных северо-таежных лесов и березовых криволесий и мелколесий на сырых и свежих умеренно дренированных почвах средней мощности.

Группа биотопов: ельники и ельники с сосной разнотравные.

Биотоп: ельники (с сосной) кустарничково-разнотравные в долинах ручьев, рек и временных водотоков, в логовых участках и на флювиогляциальных террасах.

Тип сообществ *Picea obovata* – *Geranium sylvaticum*.

G3.A4 Tall-herb western spruce taiga / Высокотравные западные ельники.

Характерные виды *Chamaepericlymenum suecicum*, *Trollius europaeus*, *Geranium sylvaticum*. Сомкнутость древостоя 0.8–0.9, высота 12–15 (20) м, в кустарниковом ярусе – жимолость, волчье лыко (*Daphne mezereum*) и смородина. Кустарничково-травяной ярус несомкнут, в нем преобладают виды мезофильного разнотравья (герань лесная, бодяк разнолиственный, купальница), костяника, черника, встречается вороний глаз. Моховый покров разрежен, преобладают *Sanionia uncinata*, *Rhodobryum roseum*, *Rhizomnium pseudopunctatum*.

Биотоп: ельники крупнотравно-папоротниковые на аккумулятивных и нагорных террасах, на склонах разломов, на ровных флювиогляциальных приозерных террасах, а также на сырых крутых склонах, в логовых участках.

Акц. *Eu-Piceetum abietis dryopteridosum* K.-Lund 1962.

EUNIS: G3.A2 Fern western spruce taiga / Папоротниковые западные ельники

Характерные виды *Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris expansa*. В травяном покрове преобладают папоротники, моховой покров обычно разреженный, наиболее обычны *Sanionia uncinata*, *Rhodobryum roseum*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, *Brachythecium reflexum*. Сообщества встречаются на нижних участках горных склонов, в логах и долинах рек.

Группа биотопов: березовые криволесья разнотравные.

Биотоп: березовые криволесья злаково-разнотравные вдоль водотоков (ручьев, рек), по логовым участкам, на склонах различной крутизны и террасах с постоянным или временным подтоком воды.

Акц. *Geranio-Betuletum* (Nordh. 1928) 1943 em. Dierssen (1992) 1996.

EUNIS: G1.91726 Oro-Scandian tall-herb birch woods / Горные скандинавские высокотравные березовые леса.

Характерные виды *Ranunculus acer*, *Calamagrostis langsdorfii*, *Geranium sylvaticum*, *Rhodobryum roseum*. Злаково-высокотравные березовые леса и криволесья с ярусом из кривоствольных и прямоствольных берез, древовидных видов ив и рябины, сомкнутостью 0.2–0.4, высотой 5–7 (10) м, в кустарниковом ярусе обычны можжевельник и ерник. В травяном ярусе наиболее часты злаки (вейник, молиния, бор развесистый) и разнотравье (купальница, герань лесная, бодяк разнолиственный), встречаются лесные виды (черника, линнея, седмичник), в разреженном моховом ярусе – *Brachythecium salebrosum*, *Pleurozium schreberi*, *Rhodobryum roseum*. Сообщества распространены в долинах ручьев, на склонах возвышенностей.

Биотоп: березовые криволесья папоротниковые на склонах возвышенностей.

Акц. *Corno-Betuletum dryopteridetosum* Aune 1973.

G1.91727 Oro-Scandian tall-fern birch woods / Горные скандинавские папоротниковые березовые леса.

Характерные виды *Gymnocarpium dryopteris*, *Dryopteris expansa*. В травяном покрове преобладают папоротники, моховой покров обычно разреженный, наиболее обычны *Sanionia uncinata*, *Rhodobryum roseum*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, *Brachythecium reflexum*. Сообщества встречаются на логовых участках горных склонов в лесотундровом поясе.

Класс биотопов: северо-таежных лесов и березовых криволесий на сырых слабо дренированных почвах в заболоченных местообитаниях.

Группа биотопов: сосняки заболоченные.

Биотоп: сосняки кустарничково-сфагновые в бессточных понижениях на структурно-денудационной равнине, на холмистой аккумулятивной равнине, а также на окрайках обширных олиготрофных верховых сфагновых болот

Акц. *Oxycocco quadripetatali-Pinetum sylvestris* K.-Lund 1962.

EUNIS: G3.D1 Boreal Scots pine bog woods / Бореальные болотные сосняки.

Характерные виды *Rubus chamaemorus*, *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*.

Сомкнутость древостоя невысока, 0.2–0.4, к сосне примешивается береза и ель. Особенностью сообществ ассоциации является участие видов, обычных для кустарничковых лесов союза *Phyllodoce–Vaccinium myrtilli* – черники, брусники и вороники. Характерно присутствие подбела, росянки круглолистной и английской и сфагновых мхов (*Sphagnum fuscum*, *S. russowii*, *S. nemoreum*). Довольно обычны вереск и мытник болотный. Разреженные низкие сосняки с покровом из багульника и морошки и сфагновых мхов встречаются в приозерных низинах и заболоченных ложбинах.

Группа биотопов: ельники заболоченные.

Биотоп: ельники морошково-политрихово-сфагновые на сырых слегка наклонных участках нагорных террас, на слабо наклоненной равнине, и в нижних частях склонов с постоянным увлажнением и близким водоупором – в виде коренной породы либо водонепроницаемого горизонта.

Ass. *Chamaetoro–Piceetum abietis* K.-Lund 1962 em. Dierssen 1996.

EUNIS: G3.D41 Boreal acidophile sphagnum spruce woods / Бореальные сфагновые ацидофильные ельники.

Характерные виды *Rubus chamaemorus*, *Dactylorhiza maculata*, *Equisetum sylvaticum*, *Polytrichum commune*.

Сомкнутость древостоя до 0.7, высота 8–12 (15) м. В древесном ярусе преобладают ель, с примесью сосны и березы, встречается ольха, осина, древовидные ивы. В травяно-кустарничковом ярусе преобладает дерен шведский, морошка, голубика и черника. Моховый покров составлен *Polytrichum commune*, сфагновые мхи образуют куртины. Сообщества ассоциации занимают нижние части пологих склонов, образуя сочетания со склоновыми болотами, в долинах ручьев, граничат с приозерными и приречными болотами.

Класс биотопов: мелколиственные вторичные леса.

Группа биотопов: ивовые пойменные (галерейные) леса.

Биотоп: ивовые травяно-осоковые пойменные леса.

F9.1. Riverine scrub / Приречные кустарники.

Характерные виды *Salix borealis*, *S. phlycifolia*, *S. caprea*, *Carex nigra*, *Caltha palustris*, *Galium palustre*, *Calamagrostis phragmitoides*.

Сообщества из древовидных ив и березы узкой полосой (до 10 м) расположены вдоль рек в участках поймы. В древесном ярусе также обычны ольха, осина и сосна. В травяном ярусе преобладают осоки, хвощи, кустарнички (голубика) и мезофильные травы (сабельник, белозор, подмаренник топяной и др.).

Группа биотопов: березовые вторичные леса.

Биотоп: березовые с сосной травяно-злаковые леса.

Характерные виды *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Pinus sylvestris*, *Chamaenerion angustifolium*, *Deschampsia cespitosa*, *Festuca rubra*, *Vaccinium vitis-idaea*.

Леса на месте сведенных таежных лесов. Древесный ярус разной степени сомкнутости состоит из березы пушистой и повислой, а также сосны. В напочвенном покрове преобладают апофиты и кустарнички из естественных лесных сообществ.

ГОРНО-ТУНДРОВЫЕ СООБЩЕСТВА

Класс биотопов: кустарничково-зеленомошные сообщества на сухих и свежих умеренно дренированных почвах средней мощности.

Биотоп: чернично-деренные сообщества в защищенных местообитаниях.

Асс. *Phyllodoco–Vaccinietum myrtilli* Nordh. 1943.

Характерные виды *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa*, *Chamaepericlymenum succicum*. В сообществах часто есть ярус из карликовой березки, его высота определяется высотой зимнего снежного покрова. Травяно-кустарничковый ярус гомогенный, нередко в нем преобладают либо черника, либо дерен. Встречаются виды, обычные под пологом северо-таежных лесов грушанка, линнея, седмичник. Мохово-лишайниковый ярус, иногда фрагментарный, образован зелеными мхами, в нем обычны листоватые лишайники рода *Peltigera*, *Nephroma arcticum*, а также кустистые лишайники рода *Cladonia*. Сообщества ассоциации занимают склоны ложбин в горно-тундровом поясе, где снег накапливается и долго не тает.

Класс биотопов: лишайниковые сообщества на маломощных сильно дренированных сухих почвах.

Биотоп: толокнянково-лишайниковые сообщества на склонах коренных обнажений южных экспозиций.

Асс. *Alectorio-Arctostaphyletum uvae-ursi* Dahl 1956.

Характерный вид *Arctostaphylos uva-ursi*. Куртины толокнянки на вершинах и на склонах возвышенностей южной и юго-западной экспозиции, с участием лишайников *Flavocetraria nivalis*, *Alectoria ochroleuca*. Вертикальная структура сообществ упрощена, ярусность не выражена, горизонтальная структура мозаичная.

Биотоп: цетрариево-алекториевые сообщества на выходах и останцах коренных пород.

Асс. *Cetrarietum nivalis* Dahl 1956.

Лишайниковые сообщества с преобладанием флавоцетрарии снежной и алектории бледно-охрянной и чернеющей, незначительным присутствием кустарничков – вороники, брусники, арктоуса альпийского. Сообщества образуют сплошной покров на вершинах возвышенностей, на коренных обнажениях.

Биотоп: воронично-лишайниковые сообщества на автоморфных хорошо дренированных почвах.

Асс. *Arctostaphylo alpini–Empetretum hermaphroditi* (Zinserling 1935) Koroleva 1994.

Характерные виды *Arctous alpina*, *Ptilidium ciliare*. Сообщества с сомкнутым растительным покровом, мозаичной горизонтальной структурой. Высота растительного покрова определяется глубиной снега, поэтому часто в сообществах кустарники (карликовая березка, ива сизая, ива копыевидная) стелются по субстрату, лишь

в понижениях микрорельефа имеют вид прямостоячих кустарников. В кустарничковом покрове преобладает вороника, арктоус и голубика. Сообщества встречаются на заснеженных зимой склонах и вершинах возвышенностей, образуют комплексы с лесотундровыми березовыми криволесьями.

Класс биотопов: скальные сообщества.

Группа биотопов: сообщества на сухих скалах.

Биотоп: злаково-травяные скальные сообщества и группировки.

Характерные виды *Festuca ovina*, *Campanula rotundifolia*, *Antennaria dioica*, *Polytrichum piliferum*.

Небольших размеров сообщества в трещинах и на уступах скал в горно-тундровом поясе и поясе березовых криволесий. Наиболее обычны из сосудистых растений овсяница овечья, кошачья лапка, колокольчик круглолистный, кустарнички вороника, брусника, луазелеурия. В мохово-лишайниковом ярусе преобладают кустистые лишайники родов *Cladonia* и *Cetraria*.

Класс биотопов: кустарниковые приручьевые сообщества и луговины.

Группа биотопов: кустарничково-разнотравные приручьевые сообщества.

Биотоп: высокотравные приручьевые ивняки.

Асс. *Filipendulo-Salicetum phylicifoliae* (Nordh. 1943) Dierssen 1992.

Характерные виды *Betula nana*, *Sphagnum warnstorfi*, *Pleurozium schreberi*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, *Harpanthus flotovianus*, *Barbilophozia lycopodioides*. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают кустарнички (черника, вороника, филлодоце) и мезофильное разнотравье (душистый колосок, купальница, герань лесная, бодяк разнолистный). В моховом ярусе преобладают мезо- и евтрофные виды сфагновых мхов (*Sphagnum warnstorfi*, *S. angustifolium*, *S. girgensohnii*, *S. jensenii*, *S. capillifolium*). Сообщества наиболее обычны на берегах ручьев и в долинах рек и озер.

Группа биотопов: разнотравные приручьевые сообщества.

Биотоп: кустарничково-разнотравные луговины.

Асс. *Salici reticulatae-Trollietum europaei* Koroleva et Kopeina 2019.

Характерные виды *Geranium sylvaticum*, *Trollius europaeus*, *Salix myrsinites*, *Cirsium heterophyllum*.

На луговинах иногда выражен невысокий (не выше 0.5 м) несомкнутый кустарниковый ярус из ив и ерника. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают разнотравье (бодяк разнолистный, герань лесная, сосюрея альпийская, купальница, астрагал холодный), кустарнички (вороника, голубика, ивка сетчатая). В мохово-лишайниковом ярусе обычны мхи *Sanionia uncinata*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi* и лишайники *Cetraria islandica* и представители рода *Cladonia*.

БОЛОТА

– грядово-мочажинные, в приозерных долинах, в понижениях между моренными холмами, «висячие» на склонах гор и холмов

Комплекс биотопов: типичные аапа-болота, включают в себя сообщества гряд и мочажин.

Комплекс ассоциаций на грядах – *Empetro (hermaphroditi)–Sphagnetum fuscum* (Du Rietz (1921) 1926) Dierssen 1982, в мочажинах – *Warnstorffio sarmentosum–Caricetum aquatilis* Kalliola 1939.

EUNIS: D3.21 Аапа strings+ D3.22 Аапа flarks.

Биотоп: кустарничково-пушицевые сфагновые сообщества гряд.

Асс. *Empetro (hermaphroditi)–Sphagnetum fuscum* (Du Rietz (1921) 1926) Dierssen 1982.

Характерные виды *Ledum palustre*, *Oxycoccus palustris*, *Drosera rotundifolia*, *D. anglica*, *Sphagnum fuscum*, *Mylia anomala*.

Сообщества повсеместно и широко распространены на невысоких буграх, грядах и мелкобугристых окрайках. Может быть развит древесный ярус из болотных форм сосны, кустарниковый ярус разной степени сомкнутости (до 50 %) из ерника, ивы филиколистной и лопарской. Напочвенный покров имеет сложную мозаичную структуру. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium uliginosum* и *Eriophorum vaginatum*. В моховом ярусе обычны зеленые мхи (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*) и *Sphagnum fuscum*. Печеночники *Mylia anomala*, *Orthocaulis kunzeanus*, *Cephalozia* spp. растут среди мхов. Постоянны и со значительным покрытием лишайники (*Cladonia* spp., *Ochrolechia frigida*).

Биотоп: пушицево-осоковые сообщества мочажин и ковров.

Асс. *Warnstorffio sarmentosum–Caricetum aquatilis* Kalliola 1939.

Характерные виды *Carex aquatilis*, *C. rariflora*, *C. rotundata*, *Scheuchzeria palustris*, *Bacothryon cespitosum*, *Eriophorum polystachion*, *Sphagnum lindbergii*, *S. compactum*, *Warnstorffia exannulata*, *Sarmenthyphnum sarmentosum*, *Calliergon stramineum*.

Сообщества со сплошным гомогенным, олиго- и монодоминантным травяным ярусом из осок (шерстистоплодной, водяной, кругловатой), шейхцерии и пушицы, занимают наиболее обводненные участки болотных массивов, где мощность торфа невелика (0.1–0.5 м), иногда сообщества расположены на минеральном супесчаном грунте. Имеются мелкие и средние камни и валуны, которые обрастают мохово-кустарничковой дерниной.

Биотоп: кустарничково-травяно-моховые (в т. ч. кустарничково-травяно-сфагновые) склоновые «висячие» болота.

Асс. *Sphagno-Tofieldietum pusillae* Koroleva 2001.

D4.1522 Fennoscandian [*Sphagnum warnstorffii*] yellow sedge fens.

Характерные виды *Tofieldia pusilla*, *Bartsia alpina*, *Sphagnum warnstorffii*.

В травяно-кустарничковом ярусе лесные виды (черника, линнея, грушанки), разнотравье (герань лесная, купальница, бодяк разнолистный, *Bartsia alpina*, *Saussurea alpina*, *Tofieldia pusilla*), болотные кустарнички (подбел, багульник). В моховом ярусе преобладают сфагновые мхи (*Sphagnum compactum*, *S. girgensohnii*), также *Hylacomium splendens*, *Aulacomnium palustre* и *Sanionia uncinata*. Особенностью сообществ является богатый видовой состав, присутствие подушек сфагновых мхов

и разнообразие гигро- и мезофитных видов печеночных мхов. Обычно сообщества занимают небольшую площадь, не более нескольких квадратных метров на горных склонах и выходах коренных пород.

Биотоп: кустарничковые травяные болота.

Асс. *Salici lapponi*–*Caricetum stantis* (Kalliola 1939) Koroleva 2014.

D4.1. Rich fens, including eutrophic tall-herb fens and calcareous flushes and soaks

Характерные виды *Salix lapponum*, *S. phylicifolia*, *Betula nana*, *Comarum palustre*, *Viola palustris*, *Calamagrostis stricta*, *Molinia caerulea*, *Carex rostrata*, *Lophozia longiflora*.

Разнотравно-осоковые ивняки с ерником являются довольно частым компонентом болотных массивов, обычно как бы «маркируя» на них водотоки, полосами шириной в несколько (до первых десятков) метров, встречаются на заболоченных пологих склонах возвышенностей. В травяном ярусе преобладают злаки (вейники, молиния) и болотные кустарнички и травы (морозка, багульник, голубика, подбел и др.). Моховой покров сложен сфагновыми мхами.

Комплекс биотопов: тундровые кочково-грядово-мочажинные верховые болота.

Включают в себя комплекс сообществ высоких кочек, сливающихся в гряды (асс. *Empetro hermaphroditi*–*Sphagnetum fuscii*, *Rubo chamaemori*–*Caricetum rariflorae* (Regel 1923)), и мочажин (асс. *Warnstorffio sarmentosi*–*Caricetum aquatilis*).

На кочках и грядах преобладают морозка, багульник, голубика, пушица влагалищная, плотный моховой покров составлен сфагновыми и дикрановыми мхами, обычны кустистые лишайники рода *Cladonia*. По окрайке мочажин растут черная и водяная осоки и пушица длиннолистная, в воде – мхи.

АНТРОПОГЕННАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Группа биотопов: антропогенные злаково-разнотравные луга и лугоподобные сообщества.

Эти сообщества развиваются в городах, на обочинах дорог, на придомовых территориях, в парках и скверах. На их формирование влияет предшествующая естественная растительность и способ озеленения населенных пунктов – откуда происходит посадочный материал, какой его состав, производится ли уход за посадками и т. д. В многовидовых сообществах преобладают овсяница красная, щучка дернистая, горошек мышиный, тысячелистник, иван-чай, клевер луговой и ползучий.

Биотоп: сообщества из малолетников и однолетников на вытопанных местообитаниях (тропах, автостоянках, обочинах дорог).

Характерные виды *Matricaria discoidea*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*.

Эта преимущественно однолетняя рудеральная растительность формируется при постоянном воздействии вытаптывания на тропках и вдоль дорог. Сообщества имеют очень простую структуру, высота растений не более 5–10 см.

В эти сообщества и группировки могут проникать виды из соседних сообществ, например, луговых (тысячелистник, клевер луговой). При более слабой нагрузке появляются устойчивые рудеральные виды (полынь обыкновенная, бодяк полевой, пырей).

Биотоп: рудеральные высокие травянистые многолетники («бурьянники»).

Характерные виды *Artemisia vulgaris*, *Elytrigia repens*, *Tanacetum vulgare*, *Cirsium arvense*.

Лугоподобные сообщества из высоких трав-мезофитов и злаков (пижма, полынь обыкновенная, щучка, ежа сборная, пырей), могут здесь встречаться и виды богатых местообитаний (сныть, крапива). Распространены в основном в населенных пунктах и в их окрестностях, на пустырях и свалках стройматериалов, на придомовых территориях, иногда на полуестественных местообитаниях, слабо затронутых деятельностью человека, в основном на хорошо освещенных, хорошо проницаемых сухих или периодически сухих почвах.

Биотоп: рудеральные нитрофильные сообщества с преобладанием мезофитных многолетников.

Характерные виды: *Aegopodium podagraria*, *Anthriscus sylvestris*, *Urtica dioica*.

Сообщества формируются во местообитаниях, обогащенных органикой, на окраинах огородов, возле мусорных куч, в оврагах, в старых, заброшенных участках парков. Для местообитаний характерны хорошая доступностью питательных веществ и эрозионные процессы в субстрате.

Биотоп: высокотравные сообщества многолетников на месте лесных вырубок и расчисток.

Характерные виды: *Deschampsia cespitosa*, *Chamaenerion angustifolium*, *Heraclium sosnowskyi*, *Taraxacum officinale* agg., *Ranunculus repens*.

Сообщества класса могут включать типичные виды пойменных лугов с воздействием выпаса (такие как тысячелистник, щучка, мятлие луговой, горошек мышинный, клевер луговой), рудеральные виды (например, сурепка), здесь поселяются всходы быстрорастущих деревьев (березы, ивы северной и козьей, сосны).

Сообщества этого биотопа встречаются на разных по влажности почвах на вырубках, при нарушениях почвенного покрова в результате оползней, после пожаров, на антропогенных местообитаниях около леса, на заброшенных карьерах, насыпях, на строительном мусоре.

Приложение 2

Список лишайников окрестностей Кольской АЭС

Русское название Латинское название	15-км зона
Акароспора тёмно-бурая <i>Acarospora badiofusca</i> (Nyl.) Th. Fr.	•
Алектория бледно-охряная <i>Alectoria ochroleuca</i> (Hoffm.) A. Massal.	•
Аллантопармелия альпийская <i>Allantoparmelia alpicola</i> (Th. Fr.) Essl.	•
Амандинея точечная <i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	•
Арктопармелия центробежная <i>Arctoparmelia centrifuga</i> (L.) Hale	•
Артрорафис серый <i>Arthrorhaphis grisea</i> Th. Fr.	•
Аспицилия серая <i>Aspicilia cinerea</i> (L.) Körb.	•
Аспилидея Мюрина <i>Aspilidea myrinii</i> (Fr.) Hafellner	•
Аталлия восковая <i>Athallia holocarpa</i> (Hoffm.) Arup, Frödén & Søchting	•
Аталлия огненная <i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén & Søchting	•
Беомицес лопастный <i>Beoomyces placophyllus</i> Ach.	•
Беомицес рыжий <i>Beoomyces rufus</i> (Huds.) Rebert.	•
Беллемерея серо-рыжеватая <i>Bellemeria cinereorufescens</i> (Ach.) Clauzade & Cl. Roux	•
Бриобилимбия гипсовая <i>Bryobilimbia hypnorum</i> (Lib.) Fryday, Printzen & S. Ekman	•
Брионора каштановая <i>Bryonora castanea</i> (Hepp) Poelt	•
Бриория перепутанная <i>Bryoria chalybeiformis</i> (L.) Brodo & D. Hawksw.	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Бриория Фремонта <i>Bryoria fremontii</i> (Tuck.) Brodo & D. Hawksw.	•
Бриория буроватая <i>Bryoria fuscescens</i> (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.	•
Бриория переплетённая <i>Bryoria implexa</i> (Hoffm.) Brodo & D. Hawksw.	•
Калициум сизоватенький <i>Calicium glaucellum</i> Ach.	•
Калициум балочный <i>Calicium trabinellum</i> (Ach.) Ach.	•
Кальвитимела чёрно-белая <i>Calvitimela melaleuca</i> (Sommerf.) Andreev	•
Канделяриелла желточно-жёлтая <i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	•
Цетрария колючая <i>Cetraria aculeata</i> (Schreb.) Fr.	•
Цетрария вересковая <i>Cetraria ericetorum</i> Opiz	•
Цетрария исландская <i>Cetraria islandica</i> (L.) Ach.	•
Цетрария черноватая <i>Cetraria nigricans</i> Nyl.	•
Цетрария заборная <i>Cetraria sepincola</i> (Ehrh.) Ach.	•
Цетрариелла Делиса <i>Cetrariella delisei</i> (Bory ex Schaer.) Kärnefelt & A. Thell	•
Хенотека золотистоголовая <i>Chaenotheca chrysocephala</i> (Turner ex Ach.) Th. Fr.	•
Хенотека ржавая <i>Chaenotheca ferruginea</i> (Turner ex Sm.) Mig.	•
Хенотека зернистая <i>Chaenotheca furfuracea</i> (L.) Tibell	•
Хенотека волосовидная <i>Chaenotheca trichialis</i> (Ach.) Th. Fr.	•
Хенотека древесинная <i>Chaenotheca xyloxena</i> Nádv.	•
Хризотрикс жёлто-зелёный <i>Chrysothrix chlorina</i> (Ach.) J. R. Laundon	•
Кладония тёмно-мясная <i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Кладония лесная <i>Cladonia arbuscula</i> (Wallr.) Flot.	•
Кладония маргариткоцветная <i>Cladonia bellidiflora</i> (Ach.) Schaer.	•
Кладония северная <i>Cladonia borealis</i> S. Stenroos	•
Кладония гроздевая <i>Cladonia botrytes</i> (K. G. Hagen) Willd.	•
Кладония пустая <i>Cladonia cenotea</i> (Ach.) Schaer.	•
Кладония оленерогая <i>Cladonia cervicornis</i> (Ach.) Flot.	•
Кладония тёмно-зелёная <i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	•
Кладония красноплодная <i>Cladonia coccifera</i> (L.) Willd. s. l.	•
Кладония шишконосная <i>Cladonia coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	•
Кладония рогатая <i>Cladonia cornuta</i> (L.) Hoffm.	•
Кладония курчавая <i>Cladonia crispata</i> (Ach.) Flot.	•
Кладония бесформенная <i>Cladonia deformis</i> (L.) Hoffm.	•
Кладония бахромчатая <i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	•
Кладония вильчатая <i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Schrad.	•
Кладония стройная <i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	•
Кладония крупнорогая <i>Cladonia macroceras</i> (Delise) Hav.	•
Кладония крупнейшая <i>Cladonia maxima</i> (Asahina) Ahti	•
Кладония мягкая <i>Cladonia mitis</i> Sandst.	•
Кладония жёлто-зелёная <i>Cladonia ochrochlora</i> Flörke	•
Кладония бокоплодная <i>Cladonia pleurota</i> (Flörke) Schaer.	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Кладония крыночковидная <i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	•
Кладония оленья <i>Cladonia rangiferina</i> (L.) F. H. Wigg.	•
Кладония звёздчатая <i>Cladonia stellaris</i> (Opiz) Pouzar & Vězda	•
Кладония мрачная <i>Cladonia stygia</i> (Fr.) Ruoss	•
Кладония шиловидная <i>Cladonia subulata</i> (L.) F. H. Wigg.	•
Кладония серно-жёлтая <i>Cladonia sulphurina</i> (Michx.) Fr.	•
Кладония дюймовая <i>Cladonia uncialis</i> (L.) F. H. Wigg.	•
Цистоколеус эбеновый <i>Cystocoleus ebeneus</i> (Dyallwyn) Thwaites	•
Диплосхистес моховой <i>Diploschistes muscorum</i> (Scop.) R. Sant.	•
Диплосхистес неровный <i>Diploschistes scruposus</i> (Schreb.) Norman	•
Фарнольдия юрская <i>Farnoldia jurana</i> (Schaer.) Hertel	•
Флавоцетрария клубочковая <i>Flavocetraria cucullata</i> (Bellardi) Kärnefelt & A. Thell	•
Флавоцетрария снежная <i>Flavocetraria nivalis</i> (L.) Kärnefelt & A. Thell	•
Фрутиделла голубовато-чёрная <i>Frutidella caesioatra</i> (Schaer.) Kalb	•
Фрутиделла зернистая <i>Frutidella furfuracea</i> (Anzi) M. Westb. & M. Svensson	•
Фускопаннария пропущенная <i>Fuscopannaria praetermissa</i> (Nyl.) P. M. Jørg.	•
Говардия черноватая <i>Gowardia nigricans</i> (Ach.) Halonen, Myllys, Velmala & Hyvärinen	•
Гипоценомице ступенчатый <i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach.) M. Choisy	•
Гипогимния жестковатая <i>Hypogymnia austerodes</i> (Nyl.) Räsänen	•
Гипогимния вздутая <i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Гипогимния трубчатая <i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	•
Икмадофила вересковая <i>Imadophila ericetorum</i> (L.) Zahlbr.	•
Имшаугия пылевая <i>Imshaugia aleurites</i> (Ach.) S. L. F. Mey.	•
Япевия золотистоносная <i>Japewia subaurifera</i> Muhr & Tønsberg	•
Япевия торниокская <i>Japewia torniønsis</i> (Nyl.) Tønsberg	•
Леканора беловатенькая <i>Lecanora albellula</i> (Nyl.) Th. Fr.	•
Леканора разнообразная <i>Lecanora allopohana</i> Nyl.	•
Леканора кадубрия <i>Lecanora cadubriæ</i> (A. Massal.) Hedl.	•
Леканора нежноватая <i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	•
Леканора циркумбореальная <i>Lecanora circumborealis</i> Brodo & Vitik.	•
Леканора буроватая <i>Lecanora fuscescens</i> (Sommerf.) Nyl.	•
Леканора запутанная <i>Lecanora intricata</i> (Ach.) Ach.	•
Леканора многообразная <i>Lecanora polytropa</i> (Hoffm.) Rabenh.	•
Леканора блошинная <i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach.	•
Леканора почтизапутанная <i>Lecanora subintricata</i> (Nyl.) Th. Fr.	•
Леканора смешанная <i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.	•
Лецидея ушковидная <i>Lecidea auriculata</i> Th. Fr.	•
Лецидея камнерезная <i>Lecidea lapicida</i> (Ach.) Ach.	•
Лецидея камнелюбивая <i>Lecidea lithophila</i> (Ach.) Ach.	•
Лецидея вздутая <i>Lecidea turgidula</i> Fr.	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Лецидома поникшая <i>Lecidoma demissum</i> (Rutstr.) Gotth. Schneid. & Hertel	•
Лепра пальчатая <i>Lepra dactylina</i> (Ach.) Hafellner	•
Лепрария Финка <i>Lepitaria finkii</i> (B. de Lesd.) R. C. Harris	•
Лепрария Джека <i>Lepitaria jackii</i> Tønsberg	•
Лепрария пленчатая <i>Lepitaria membranacea</i> (Dicks.) Vain.	•
Лепроплака стертая <i>Leproplaca obliterans</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting	•
Лихеномфалия зонтиконосная <i>Lichenomphalia umbellifera</i> (L.: Fr.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys	•
Лопадий коралловидный <i>Lopadium coralloideum</i> (Nyl.) Lyngø	•
Массалонгия мясистая <i>Massalongia carnosa</i> (Dicks.) Körb.	•
Меланелия печеночная <i>Melanelia hepatizon</i> (Ach.) A. Thell	•
Меланелия мрачная <i>Melanelia stygia</i> (L.) Essl.	•
Маланохейлия оливковая <i>Melanobalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	•
Мириквидика обугленная <i>Miriqidica deusta</i> (Stenh.) Hertel & Rambold	•
Мириквидика серо-черная <i>Miriqidica griseoatra</i> (Flot.) Hertel & Rambold	•
Мириквидика пепельно-серая <i>Miriqidica leucophaea</i> (Flörke ex Rabenh.) Hertel & Rambold	•
Мириквидика чернолепозная <i>Miriqidica nigroleprosa</i> (Vain.) Hertel & Rambold	•
Монтанелия лохматая <i>Montanelia panniformis</i> (Nyl.) Divakar, A. Crespo, Wedin & Essl.	•
Микобластус кроваво-красный <i>Mycoblastus sanguinarius</i> (L.) Norman	•
Микокалиций тонкий <i>Mycocalicium subtile</i> (Pers.) Szatala	•
Нефрома арктическая <i>Nephroma arcticum</i> (L.) Torss.	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Нефрома красивая <i>Nephroma bellum</i> (Spreng.) Tuck.	•
Нефрома одинаковая <i>Nephroma parile</i> (Ach.) Ach.	•
Охролехия обоеполая <i>Ochrolechia androgyna</i> (Hoffm.) Arnold	•
Охролехия холодная <i>Ochrolechia frigida</i> (Sw.) Lynge	•
Офиопарма ветровая <i>Ophioparma ventosa</i> (L.) Norman	•
Орфниоспора отмирающая <i>Orphniospora moriopsis</i> (A. Massal.) D. Hawksw.	•
Пармелия пупковидная <i>Parmelia omphalodes</i> (L.) Ach.	•
Пармелия перистонадрезная <i>Parmelia pinnatifida</i> Kurok.	•
Пармелия скальная <i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	•
Пармелия бороздчатая <i>Parmelia sulcata</i> Taylor	•
Пармелиелла трёхлистная <i>Parmeliella triptophylla</i> (Ach.) Müll. Arg.	•
Пармелиопсис сомнительный <i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulfen) Nyl.	•
Пармелиопсис темный <i>Parmeliopsis hyperopta</i> (Ach.) Arnold	•
Пельтигера пупырчатая <i>Peltigera apthosa</i> (L.) Willd.	•
Пельтигера собачья <i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	•
Пельтигера двупалая <i>Peltigera didactyla</i> (With.) J. R. Laundon	•
Пельтигера тонкая <i>Peltigera extenuata</i> (Nyl. ex Vain.) Lojka	•
Пельтигера широколопастная <i>Peltigera latiloba</i> Holt.-Hartw.	•
Пельтигера беложилковая <i>Peltigera leucophebia</i> (Nyl.) Gyeln.	•
Пельтигера мягкая <i>Peltigera malacea</i> (Ach.) Funck	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Пельтигера окаймленная <i>Peltigera praetextata</i> (Flörke ex Sommerf.) Zopf	•
Пельтигера рыжеватая <i>Peltigera rufescens</i> (Weiss) Humb.	•
Пельтигера шероховатая <i>Peltigera scabrosa</i> Th. Fr.	•
Пертузария двупарная <i>Pertusaria geminipara</i> (Th. Fr.) C. Knight ex Brodo	•
Феофисция тене звездчатая <i>Phaeophyscia sciastra</i> (Ach.) Moberg	•
Фисция голубовато-серая <i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Fűrnr.	•
Фисция сомнительная <i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau	•
Плацинтиелла пушистая <i>Placynthiella dasaea</i> (Stirt.) Tønberg	•
Плацинтиелла некрасивая <i>Placynthiella icmalea</i> (Ach.) Coppins & P. James	•
Плацинтиелла болотная <i>Placynthiella uliginosa</i> (Schrad.) Coppins & P. James	•
Платизматия сизая <i>Platizmatia glauca</i> (L.) W. L. Culb. & C. F. Culb.	•
Порпидия корковидная <i>Porpidia crustulata</i> (Ach.) Hertel & Knoph	•
Порпидия жёлто-голубоватая <i>Porpidia flavicunda</i> (Ach.) Gowan	•
Порпидия крупноплодная <i>Porpidia macrocarpa</i> (DC.) Hertel & A. J. Schwab	•
Порпидия бугорчатая <i>Porpidia tuberculosa</i> (Sm.) Hertel & Knoph	•
Протопаннария пецицевидная <i>Protopannaria pezizoides</i> (Weber) P. M. Jørg. & S. Ekman	•
Протопармелия бурая <i>Protoparmelia badia</i> (Hoffm.) Hafellner	•
Прототеленелла сфинктриновидная <i>Protobelenella sphinctrinoides</i> (Nyl.) H. Mayrhofer & Poelt	•
Псевдефеба пушистая <i>Pseudephebe pubescens</i> (L.) M. Choisy	•
Пикнора стабильнейшая <i>Pycnora praestabilis</i> (Nyl.) Hafellner	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Рамалина пыльцеватая <i>Ramalina pollinaria</i> (Westr.) Ach.	•
Ризокарпон географический <i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	•
Русавския изящная <i>Rusavskia elegans</i> (Link) S. Y. Kondr. & Kärnefelt	•
Русавския соредиозная <i>Rusavskia sorediata</i> (Vain.) S. Y. Kondr. & Kärnefelt	•
Шадония альпийская <i>Schadonia alpina</i> Körb.	•
Солорина шафрановая <i>Solorina crocea</i> (L.) Ach.	•
Сфаереллотецциум маленький <i>Sphaerellothecium minutum</i> Hafellner	•
Сферофорус ломкий <i>Sphaerophorus fragilis</i> (L.) Pers.	•
Сферофорус шаровидный <i>Sphaerophorus globosus</i> (Huds.) Vain.	•
Стереокаулон альпийский <i>Stereocaulon alpinum</i> Laurer	•
Стереокаулон сжатый <i>Stereocaulon condensatum</i> Hoffm.	•
Стереокаулон скученный <i>Stereocaulon cumulatum</i> (Sommerf.) Timdal	•
Стереокаулон галечниковый <i>Stereocaulon glareosum</i> (Savicz) H. Magn.	•
Стереокаулон голый <i>Stereocaulon paschale</i> (L.) Hoffm.	•
Стереокаулон наскальный <i>Stereocaulon saxatile</i> H. Magn.	•
Стереокаулон войлочный <i>Stereocaulon tomentosum</i> Fr.	•
Стереокаулон везувийский <i>Stereocaulon vesuvianum</i> Pers.	•
Тамнолия червеобразная <i>Thamnolia vermicularis</i> (Sw.) Schaer.	•
Трапелиопсис извилистый <i>Trapeliopsis flexuosa</i> (Fr.) Coppins & P. James	•
Трапелиопсис зернистый <i>Trapeliopsis granulosa</i> (Hoffm.) Lumbsch	•

Русское название Латинское название	15-км зона
Тукерманопсис хлорофилловый <i>Tuckermanopsis chlorophylla</i> (Willd.) Hale	•
Умбиликария цилиндрическая <i>Umbilicaria cylindrica</i> (L.) Delise ex Duby	•
Умбиликария перекрестная <i>Umbilicaria decussata</i> (Vill.) Zahlbr.	•
Умбиликария обугленная <i>Umbilicaria deusta</i> (L.) Baumg.	•
Умбиликария северная <i>Umbilicaria hyperborea</i> (Ach.) Hoffm.	•
Умбиликария многолистная <i>Umbilicaria polyphylla</i> (L.) Baumg.	•
Умбиликария хоботковая <i>Umbilicaria proboscidea</i> (L.) Schrad.	•
Умбиликария подсушенная <i>Umbilicaria torrefacta</i> (Lightf.) Schrad.	•
Умбиликария шерстистая <i>Umbilicaria vellea</i> (L.) Hoffm.	•
Вульпицида сосновая <i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J.-E. Mattsson & M. J. Lai	•
Ксилографа неоднородная <i>Xylographa difformis</i> (Vain.) Vain.	•
Ксилографа параллельная <i>Xylographa parallela</i> (Ach.) Fr.	•
Ксилографа сыпная <i>Xylographa vitiligo</i> (Ach.) J. R. Laundon	•
Ксилопсора Фриза <i>Xylopsora friesii</i> (Ach.) Bendiksby & Timdal	•

Приложение 3

Список афиллофороидных грибов окрестностей Кольской АЭС

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Акантофизеллум свинцово-синий <i>Acanthophysellum lividocoeruleum</i> (P. Karst.) Parmasto	–	Ель	–
Албатреллюс сливающийся <i>Albatrellus confluens</i> (Alb. & Schwein.) Kotl. & Pouzar	Почва	–	–
Албатреллюс овечий <i>A. ovinus</i> (Schaeff.) Kotl. & Pouzar	Почва	–	–
Аллоклавария пурпурная <i>Alloclavaria purpurea</i> (O.F. Müll.) Dentinger & D.J. McLaughlin	Почва	–	–
Алютацедонтия серовато-желтая <i>Alutaceodontia alutacea</i> (Fr.) Hjortstam & Ryvardeen	Ель	–	–
Амфинема ватообразная <i>Amphinema byssoides</i> (Pers.) J. Erikss.	Ольха, старое плодовое тело <i>Pbellinus</i> sp., береза	Береза	–
Амилоцистис северный <i>Amylocystis lapponica</i> (Romell) Singer	Ель	–	–
Амилопория вяжмчатая <i>Amyloporia sinuosa</i> (Fr.) Rajchenb., Gorjón & Pildain	Ель	Ель	–
Амилостереум Шайе <i>Amylostereum chailletii</i> (Pers.) Boidin	Ель	–	–
Антродия золотистая <i>Antrodia xantha</i> (Fr.) Ryvardeen	Сосна, ель	Сосна	–
Антродиелла Палласа <i>Antrodiella pallasii</i> Renvall, Johann. & Stenlid	Ель	–	–
Антродиелла бледноватая <i>Antrodiella pallescens</i> (Pilát) Niemelä & Miettinen	Береза	–	–
Афанобазидиум псевдотсуги <i>Aphanobasidium pseudotsugae</i> (Burt) Boidin & Gilles	Ель	–	–
Астеродон ржавчинный <i>Asterodon ferruginosus</i> Pat.	Ель	–	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Ателия обманчивая <i>Athelia decipiens</i> (Höhn. & Litsch.) J. Erikss.	Ель	–	–
Ателиахете кроваво-красная <i>Atheliachacte sanguinea</i> (Fr.) Spirin & Zmitr.	Ель	Сосна, ель	–
Аурискальпиум обыкновенный <i>Auriscalpium vulgare</i> Gray		Сосновая шишка	–
Болетопсис серый <i>Boletopsis grisea</i> (Peck) Bondartsev & Singer	Почва	–	–
отриобазидиум снежно-белый <i>Botryobasidium candicans</i> J. Erikss.		Ель, береза	–
Ботриобазидиум субвенценосный <i>B. subcoronatum</i> (Höhn. & Litsch.) Donk	Сосна	Ель, береза	–
Ботриобазидиум ползучий <i>B. vagum</i> (Berk. & M.A. Curtis) D.P. Rogers	Береза, ель	–	–
Лисичка жёлтая <i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	Почва	Почва	–
Церацеомицес микроспорный <i>Ceraceomyces microsporus</i> K.H. Larss.	Сосна	Ель	–
Церацеомицес ползучий <i>Ceraceomyces serpens</i> (Tode) Ginns	Береза	Ель, ива	–
Трутовик изменчивый <i>Cerioporus varius</i> (Pers.) Zmitr. & Kovalenko	–	Ива	Ива
Церрена одноцветная <i>Cerreana unicolor</i> (Bull.) Murrill	Береза	Береза	Береза
Хондростереум пурпурный <i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.) Pouzar	Рябина	–	–
Клавария бледно-бурая <i>Clavaria argillacea</i> Pers.	Почва	–	–
Клавария хрупкая <i>Clavaria fragilis</i> Holmsk.	Почва	–	–
Клавария розовая <i>Clavaria rosea</i> Fr.	Почва	–	–
Клавариладельфус пестиковый <i>Clavariadelphus pistillaris</i> (L.) Donk	Почва	–	–
Клавариладельфус усеченный <i>Clavariadelphus truncatus</i> Donk	Почва	–	–
Клавикорона тисовая <i>Clavicorona taxophila</i> (Thom) Doty	Почва	–	–
Клавулина пепельно-серая <i>Clavulina cinerea</i> (Bull.) J. Schröt.	Почва	–	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Клавулина коралловидная <i>C. coralloides</i> (L.) J. Schröt.	Почва	–	–
Клавулинописис рожковидный <i>Clavulinopsis corniculata</i> (Schaeff.) Corner	Почва	–	–
Климакоцистис северный <i>Climacocystis borealis</i> (Fr.) Kotl. & Pouzar	Ель	–	–
Сухлянка двулетняя <i>Coltricia perennis</i> (L.) Murrill	Почва	Почва	–
Кониофора сухая <i>Coniophora arida</i> (Fr.) P. Karst.	Ель	–	–
Кониофора оливковая <i>C. olivacea</i> (Fr.) P. Karst.	Сосна	–	–
Кониофора колодезная <i>C. puteana</i> (Schumach.) P. Karst.	Ель	–	–
Лисичка желтеющая <i>Craterellus lutescens</i> (Fr.) Fr.	Почва	–	–
Кортициум розовый <i>Corticium roseum</i> Pers.	–	Ива	–
Крустодерма лесная <i>Crustoderma dryinum</i> (Berk. & M.A. Curtis) Parmasto	Ель	–	–
Цилиндробазидиум гладкий <i>Cylindrobasidium laeve</i> (Pers.) Chamuris	Береза	–	–
Цитидия ивовая <i>Cytidia salicina</i> (Fr.) Burt	Ива	Ива	–
Дедалиопсис северный <i>Daedaleopsis septentrionalis</i> (P. Karst.) Niemelä	Береза	Ольха	–
Дихомитус грязнеющий <i>Dichomitus squalens</i> (P. Karst.) D.A. Reid	Сосна	–	–
Дихостереум северный <i>Dichostereum boreale</i> (Pouzar) Ginns & M.N.L. Lefebvre	Ель	–	–
Трутовик настоящий <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	Береза	Береза	Береза
Березовая губка <i>Fomitopsis betulina</i> (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai	Береза	Береза	Береза
Трутовик окаймленный <i>Fomitopsis pinicola</i> (Sw.) P. Karst.	Ель	Ель	–
Глеоцистидиеллум сворачивающийся <i>Gloeocystidiellum convolvens</i> (P. Karst.) Donk	Береза	–	–
Глеоцистидиеллум пористый <i>Gloeocystidiellum porosum</i> (Berk. & M.A. Curtis) Donk	Ива	–	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Глеофиллум продолговатый <i>Gleophyllum protractum</i> (Fr.) Imazeki	Ель	–	–
Трутовик заборный <i>G.sepiarium</i> (Wulfen) P. Karst.	Ель	Ель	–
Глеопорус тссовый <i>Gleoporus taxicola</i> (Pers.) Gilb. & Ryvardeen	Ель	–	–
Глоютеле лимонно-желтая <i>Gloiotbele citrina</i> (Pers.) Ginns & G.W. Freeman	Ель	–	–
Гапалопилус красноватый <i>Hapalopilus rutilans</i> (Pers.) Murrill	Береза	–	–
Германсония центробежная <i>Hermanssonia centrifuga</i> (P. Karst.) Zmitr.	Ель	–	–
Ежовик коралловидный <i>Hericium coralloides</i> (Scop.) Pers.	Осина	–	–
Гетеробазидион мелкопоровый <i>Heterobasidion parviporum</i> Niemelä & Korhonen	Ель	–	–
Гиднеллум оранжевый <i>Hydnellum aurantiacum</i> (Batsch) P. Karst.	Почва	–	–
Гиднеллум голубой <i>Hydnellum caeruleum</i> (Hornem.) P. Karst.	Почва	Почва	–
Гиднеллум полосатый <i>Hydnellum concrescens</i> (Pers.) Banker	Почва	–	–
Гиднеллум ржавчинный <i>Hydnellum ferrugineum</i> (Fr.) P. Karst.	Почва	Почва	–
Ежовик жёлтый <i>Hydnum repandum</i> L.	Почва	–	–
Ежовик пупковидный <i>Hydnum umbilicatum</i> Peck	Почва	–	–
Гименохете коричневая <i>Hymenochaete cinnamomea</i> (Pers.) Bres.	Береза, ива, ольха	–	–
Гифодерма щетинистая <i>Huiphoderma setigerum</i> (Fr.) Donk	–	–	Осина
Гифодонция кожано-желтая <i>Huiphodontia alutaria</i> (Burt) J. Erikss.	–	Ель	–
Гифодонция бледная <i>Huiphodontia pallidula</i> (Bres.) J. Erikss.	Ель	–	–
Гипохнициум атласный <i>Hypochnicium bombycinum</i> (Sommerf.) J. Erikss.	Ольха, рябина	–	–
Гипохнициум Лунделла <i>Hypochnicium lundellii</i> (Bourdot) J. Erikss.	Береза	–	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Инонотус привлекательный <i>Inonotus leporinus</i> (Fr.) Gilb. & Ryvarden	Сосна		
Трутовик скошенный, чага <i>Inonotus obliquus</i> (Fr.) Pilát	Береза	Береза	
Ишнодерма смолисто-пахучая <i>Ischnoderma benzoinum</i> (Wahlenb.) P. Karst.	Ель		
Кнефия кожано-желтая <i>Kneiffia subalutacea</i> (P. Karst.) Bres.	Сосна	Сосна	
Лаурилия бороздчатая <i>Laurilia sulcata</i> (Burt) Pouzar	Ель		
Лакситекстум двухцветный <i>Laxitextum bicolor</i> (Pers.) Lentz	Береза, ольха/ рябина		
Лептопорус мягкий <i>Leptoporus mollis</i> (Pers.) Quél.	Ель		
Мультиклавула булавовидная <i>Multiclavula corynoides</i> (Peck) R.H. Petersen	Почва		
Неоантродия рядовая <i>Neoantrodia serialis</i> (Fr.) Audet	Ель		
Ниемеля китовая <i>Niemelaea balaenae</i> (Niemelä) V. Papp		Ива	
Пениофора лососевая <i>Peniophora incarnata</i> (Pers.) P. Karst.	Листвен- ное дерево, малина	Осина	
Пениофора северная <i>Peniophora septentrionalis</i> Laurila	Ель		
Пениофора серо-фиолетовая <i>Peniophora violaceolivida</i> (Sommerf.) Masee		Ива	
Пениофорелла пропущенная <i>Peniophorella praetermissa</i> (P. Karst.) K.H. Larss.	Ель		
Феоклавулина охряно-зеленая <i>Phaeoclavulina abietina</i> (Pers.) Giachini	Почва	–	–
Феоклавулина красивая <i>Phaeoclavulina eumorpha</i> (P. Karst.) Giachini	Почва	–	–
Фанерохете гладкая <i>Phanerochaete laevis</i> (Fr.) J. Erikss. & Ryvarden	Береза, ива, ель, ольха/ рябина	Ель	–
Фанерохете грязно-оливковая <i>Phanerochaete sordida</i> (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvarden	Береза, ива	Береза	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Феллинидиум ржаво-бурый <i>Pbellinidium ferrugineofuscum</i> (P. Karst.) Fiasson & Niemelä	Ель	–	–
Феллинопсис раковинообразный <i>Pbellinopsis conchata</i> (Pers.) Y.C. Dai	–	Ива	–
Еловая губка <i>Pbellinus chrysoloma</i> (Fr.) Donk	Ель	Ель	–
Трутовик ложный, феллинус обожженный <i>Pb. igniarius</i> (L.) Quéf.	–	Береза	–
Феллинус сглаженный <i>Pbellinus laevigatus</i> (P. Karst.) Bourdot & Galzin	Береза	–	–
Ложный трутовик Лунделла <i>Pbellinus lundellii</i> Niemelä	–	Береза	Береза
Ложный осиновый трутовик <i>Pbellinus tremulae</i> (Bondartsev) Bondartsev & P.N. Borisov	Осина	–	–
Феллинус виноградный <i>Pbellinus viticola</i> (Schwein.) Donk	Ель	Ель	–
Феллопилус черноограниченный <i>Pbellopilus nigrolimitatus</i> (Romell) Niemelä, T. Wagner & M. Fisch.	Ель	Ель	–
Феллодон светло-бурый <i>Pbellodon fuligineoalbus</i> (J.C. Schmidt) R.E. Baird	Почва	–	–
Феллодон войлочный <i>Pbellodon tomentosus</i> (L.) Banker	Почва	–	–
Флебия дрожалковая <i>Pblebia tremellosa</i> (Schrad.) Nakasone & Burds.	Листв. дерево, береза	–	–
Пилодерма двухцветная <i>Piloderma bicolor</i> (Peck) Jülich	Ольха	Ель	–
Пилодерма ватная <i>Piloderma byssinum</i> (P. Karst.) Jülich	Ель	–	–
Пликатура белоснежная <i>Plicatura nivea</i> (Fr.) P. Karst.	–	Ольха	–
Постия синеваго-серая <i>Postia caesia</i> (Schrad.) P. Karst.	–	Ель	–
Псевдотоментелла <i>Pseudotomentella vepallidospora</i> M.J. Larsen	Береза	–	–
Пикнопорус киноварно-красный <i>Ruspaporus cinnabarinus</i> (Jacq.: Fr.) P. Karst.	Береза	–	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Радуломисец сливающийся <i>Radulomyces confluens</i> (Fr.) M.P. Christ.	Береза	–	Рябина
Рогатик гроздевой <i>Ramaria botrytis</i> (Pers.) Bourdot	Почва	–	–
Рамария прямая <i>Ramaria stricta</i> (Pers.) Quél.	Почва	–	–
Родофомес розовый <i>Rhodofomes roseus</i> (Alb. & Schwein.) Kotl. & Pouzar	Ель	Ель	–
Родония плацентовая <i>Rhodonia placenta</i> (Fr.) Niemelä, K.H. Larss. & Schigel	Ель	–	–
Скопулоидес трещиноватый <i>Scopuloides rimosa</i> (Cooke) Jülich	Береза	–	–
Сцитииострома превосходная <i>Scytinostroma praestans</i> (H.S. Jacks.) Donk	–	Ель	–
Сцитиностромелла разнородная <i>Scytinostromella heterogena</i> (Bourdot & Galzin) Parmasto	Ель	–	–
Серпула ременная <i>Serpula himantoides</i> (Fr.) P. Karst.	доска	–	–
Систотрема Бринкмана <i>Sistotrema brinkmannii</i> (Bres.) J. Erikss.	Береза	Березовые листья	–
Систотремаструм шведский <i>Sistotremastrum succicum</i> Litsch. ex J. Erikss.	Сосна	–	–
Скелетокутис бесформенный <i>Skeletocutis amorpha</i> (Fr.) Kotl. & Pouzar	–	Сосна	Сосна
Скелетокутис пахучий <i>Skeletocutis odora</i> (Sacc.) Ginns	Ель	–	–
Скелетокутис звездчатый <i>Skeletocutis stellae</i> (Pilát) Jean Keller	Хвойное дерево	–	–
Скворцовия мучнистая <i>Skvortzovia furfuracea</i> (Bres.) G. Gruhn & Hallenberg	–	Сосна, береза	–
Спонгипорус цветковидный <i>Spongiporus floriformis</i> (Quél.) Zmitr.	Ель	–	–
Стереофлебия бугорчатая <i>Stereophlebia tuberculata</i> (Berk. & M.A. Curtis) Zmitr.	Береза	–	–
Стереум жестковолосистый <i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers.	Береза	Береза	–
Стереум кровотокающий <i>S. sanguinolentum</i> (Alb. & Schwein.) Fr.	Ель	Ель	Сосна
Телефора наземная <i>Thelephora terrestris</i> Ehrh.	Почва	Почва	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Томентелла пепельно-умбровая <i>Tomentella cinereoumbrosa</i> (Bres.) Stalpers	Береза	–	–
Томентелла голубая <i>Tomentella</i> cf. <i>coerulea</i> Höhn. & Litsch.	–	Листвен- ное дерево	–
Томентелла лучистая <i>Tomentella radiosa</i> (P. Karst.) Rick	Ель	–	–
Траметес охряный <i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Gilb. & Ryvarden	–	Береза, осина	Тополь, осина
Траметес опушенный <i>Trametes pubescens</i> (Schumach.) Pilát	Береза	–	–
Трехиспора мучнистая <i>Trechispora farinacea</i> (Pers.) Liberta	–	Береза	–
Трехиспора мелкоспоровая <i>Trechispora microspora</i> (P. Karst.) Liberta	Береза	–	–
Трихаптум пихтовый <i>Trichaptum abietinum</i> (Pers. ex J.F. Gmel.) Ryvarden	Ель	Ель	–
Трихаптум двоякий <i>Trichaptum bifforme</i> (Fr.) Ryvarden	Береза	–	–
Трихаптум буро-фиолетовый <i>Trichaptum fuscoviolaceum</i> (Ehrenb.) Ryvarden	–	Ель	–
Трихаптум лиственничный <i>Trichaptum laricinum</i> (P. Karst.) Ryvarden	Ель	–	–
Тубуликринис северный <i>Tubulicrinis</i> cf. <i>borealis</i> J. Erikss.	Ель	–	–
Тубуликринис узкий <i>Tubulicrinis glebulosus</i> (Fr.) Donk	–	Сосна	–
Тилоспора звездоносная <i>Tylospora asterophora</i> (Bonord.) Donk	Ель	–	–
Тифула головчатая <i>Typhula capitata</i> (Pat.) Berthier	Растение	–	–
Тифула толстая <i>Typhula crassipes</i> Fuckel	Листья растений	–	–
Тифула дудковидная <i>Typhula fistulosa</i> (Holmsk.) Olariaga	Береза	–	–
Тифула инкарнатная <i>Typhula incarnata</i> Lasch	Растения (злаки)	–	–
Тифула желтоватая <i>Typhula lutescens</i> Boud	Листья, растения	–	–

Русское название Латинское название	30-км зона	15-км зона	г. Поляр- ные Зори
Тифула крошечная <i>Typhula micans</i> (Pers.) Berthier	Листья, растения	–	–
Тифула склероциовидная <i>Typhula sclerotioides</i> (Pers.) Fr.	Растения	–	–
Тифула щетинистая <i>Typhula setipes</i> (Grev.) Berthier	Растения	–	–
Тифула бесцветная <i>Typhula subhyalina</i> Courtec.	Растения	–	–
Тифула унциальная <i>Typhula uncialis</i> (Grev.) Berthier	Иван-чай	–	–
Тифула изменчивая <i>Typhula variabilis</i> Riess	Растения	–	–
Тиромицес белоснежный <i>Tyromyces chioneus</i> (Fr.) P. Karst.	Ольха/ива	–	–
Варария одевающая <i>Vararia investiens</i> (Schwein.) P. Karst.	–	Береза	–
Велютицепс пихтовый <i>Veluticeps abietina</i> (Pers.) Hjortstam & Tellería	Ель	Ель	–
Витреопорус двухцветный <i>Vitreoporus dichrous</i> (Fr.) Zmitr.	Береза	Береза	Береза
Ксенасмателла страстующая <i>Xenasmatella vaga</i> (Fr.) Stalpers	Ель	Ель, сосна	–
Ксилодон грубый <i>Xenasmatella asperus</i> (Fr.) Hjortstam & Ryvarden	Ель, бревно	–	Сосна
Ксилодон короткощетиновый <i>Xylodon brevisetus</i> (P. Karst.) Hjortstam & Ryvarden	Ель, береза	–	–

Приложение 4

Сроки появления съедобных грибов в 30-км зоне Кольской АЭС (по данным 37 лет наблюдений в Лапландском заповеднике)

Русское название Латинское название	Дата появления		
	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя
Сморчок конический <i>Morchella elata</i> Fr.	03.06	09.07	22.06
Березовик обыкновенный <i>Leccinum scabrum</i> (Bull.) Gray	01.06	03.08	03.07
Осиновик желто-бурый <i>Leccinum versipelle</i> (Fr. & Hök) Snell	19.06	17.08	11.07
Осиновик красный <i>Leccinum aurantiacum</i> (Bull.) Gray	05.07	30.08	27.07
Масленок поздний <i>Suillus luteus</i> (L.) Roussel	03.07	09.09	13.08
Масленок зернистый <i>Suillus granulatus</i> (L.) Roussel	20.06	25.08	14.07
Моховик желто-бурый <i>Suillus variegates</i> (Sw.) Richon & Roze	12.07	29.08	02.08
Груздь настоящий <i>Lactarius resimus</i> (Fr.) Fr.	29.07	18.09	17.08
Груздь черный <i>Lactarius turpis</i> (Weinm.) Fr.	21.07	05.09	18.08
Груздь желтый <i>Lactarius scrobiculatus</i> (Scop.) Fr.	15.07	02.09	13.08
Волнушка розовая <i>Lactarius torminosus</i> (Schaeff.) Gray	27.06	13.09	03.08
Серушка <i>Lactarius flexuosus</i> (Pers.) Gray	17.07	18.09	12.08
Горькушка <i>Lactarius rufus</i> (Scop.) Fr.	03.07	25.08	25.07
Млечник обыкновенный <i>Lactarius trivialis</i> (Fr.) Fr.	18.07	26.08	10.08
Рыжик еловый <i>Lactarius deliciosus</i> (L.) Gray	15.07	05.09	10.08

Русское название Латинское название	Дата появления		
	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя
Сыроежка бледно-зеленая <i>Russula aeruginea</i> Lindblad ex Fr.	23.06	26.08	26.07
Сыроежка желтая <i>Russula claroflava</i> Grove	13.07	31.08	03.08
Сыроежка сереющая <i>Russula decolorans</i> (Fr.) Fr.	20.07	26.08	05.08
Сыроежка ломкая фиолетовая <i>Russula virescens</i> (Schaeff.) Fr.	12.07	29.08	02.08
Опенок осенний <i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.	12.07	20.09	24.08
Зеленушка <i>Tricholoma equestre</i> (L.) P. Kumm.	29.07	20.09	03.09
Белый гриб <i>Boletus edulis</i> Bull.	01.07	25.08	22.07

Приложение 5

Список мхов окрестностей Кольской АЭС

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Амблистегиум ползучий <i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Bruch et al.	•	•	•
Онгстремия длинноножковая <i>Aongstroemia longipes</i> (Sommerf.) Bruch et al.	•	•	
Андреа скальная <i>Andreaca rupestris</i> Hedw.	•	•	•
Аулакомниум болотный <i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	•	•	•
Барбула свёрнутая <i>Barbula convoluta</i> Hedw.	•	•	•
Барбула полудюймовая <i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	•	•	
Блиндия острая <i>Blindia acuta</i> (Hedw.) Bruch et al.	•	•	
Брахитециум Мильде <i>Brachythecium mildeanum</i> (Schimp.) Schimp.	•	•	
Брахитециум беловатый <i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Bruch et al.	•		
Брахитециум ручейный <i>Brachythecium rivulare</i> Bruch et al.	•		
Брахитециум кочерга <i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	•		
Брахитециум неровный <i>Brachythecium salebrosum</i> (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al.	•	•	•
Брахитециум вздутый <i>Brachythecium turgidum</i> (Hartm.) Kindb.	•		
Бриум серебристый <i>Bryum argenteum</i> Hedw.	•	•	•
Бриум двулетний <i>Bryum bitum</i> (Schreb.) Turner	•	•	

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Бриум дернистый <i>Bryum caespiticium</i> Hedw.	•	•	
Бриум круглолистный <i>Bryum cyclophyllum</i> (Schwägr.) Bruch et al.	•	•	
Бриум густейший <i>Bryum creberrimum</i> Taylor	•	•	
Бриум промежуточный <i>Bryum intermedium</i> (Brid.) Blandow	•	•	
Бриум изящный <i>Bryum elegans</i> Nees	•		
Бриум копьевидный <i>Bryum lonchocaulon</i> Müll.Hal.	•	•	
Бриум длинноножковый <i>Bryum longisetum</i> Blandow ex Schwägr.	•		
Бриум бледный <i>Bryum pallens</i> Sw. ex anon.	•	•	•
Бриум бледноватый <i>Bryum pallescens</i> Schleich. ex Schwägr.	•	•	
Бриум ложнотрёхгранный <i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P.Gaertn., V.Mey. & Scherb.	•	•	
Баклэндиелла мелкоплодная <i>Bucklandiella microcarpa</i> (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra	•	•	•
Буксбаумия безлистная <i>Buxbaumia aphylla</i> Hedw.	•	•	
Каллиергон сердцевиднолистный <i>Calliergon cordifolium</i> (Hedw.) Kindb.	•	•	•
Каллиергон гигантский <i>Calliergon giganteum</i> (Schimp.) Kindb.	•	•	•
Каллиергонелла Линдберга <i>Calliergonella lindbergii</i> (Mitt.) Hedenäs	•	•	•
Каллиергон Ричардсона <i>Calliergon richardsonii</i> (Mitt.) Kindb.	•	•	
Кампилиум звездчатый <i>Campylium stellatum</i> (Hedw.) C.E.O.Jensen	•		
Кампилидиум Sommerфельта <i>Campylidium sommerfeltii</i> (Myrin) Ochyra	•	•	
Цератодон пурпурный <i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	•	•	•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Цинклидиум загрязнённый <i>Cinclidium stygium</i> Sw.	•		
Циррифиллюм волосоносный <i>Cirriphyllum piliferum</i> (Hedw.) Grout	•	•	
Климациум древовидный <i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr	•	•	•
Кратоневрон папоротниковидный <i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	•		
Цинодонциум нежный <i>Cynodontium tenellum</i> (Schimp.) Limpr.	•	•	
Дикранелла зобатая <i>Dicranella cerviculata</i> (Hedw.) Schimp.	•	•	
Дикранелла курчавая <i>Dicranella crispa</i> (Hedw.) Schimp.	•	•	
Дикранелла Гревилля <i>Dicranella grevilleana</i> (Brid.) Schimp.	•	•	
Дикранелла разностороннелистная <i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp.	•	•	
Дикранелла рыжеватая <i>Dicranella rufescens</i> (Dicks.) Schimp.	•	•	
Дикранелла Шребера <i>Dicranella schreberiana</i> (Hedw.) Hilf. ex H.A.Crum & L.E.Anderson	•	•	
Дикранелла шиловидная <i>Dicranella subulata</i> (Hedw.) Schimp.	•	•	
Дикранелла изменчивая <i>Dicranella varia</i> (Hedw.) Schimp.	•	•	
Дикранум извилистостебельный <i>Dicranum flexicaule</i> Brid.	•	•	
Дикранум буроватый <i>Dicranum fuscescens</i> Turner	•	•	
Дикранум большой <i>Dicranum majus</i> Turner	•	•	
Дикранум метловидный <i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	•	•	•
Дикранум каштановый <i>Dicranum spadicum</i> J.E.Zetterst.	•	•	

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Дидимодон обманчивый <i>Didymodon fallax</i> (Hedw.) R.H.Zander	•	•	
Дистихиум наклонённый <i>Distichium inclinatum</i> (Hedw.) Bruch et al.	•		
Дитрихум цилиндрический <i>Ditrichum cylindricum</i> (Hedw.) Grout	•	•	
Флекситрихум извилистостебельный <i>Flexitrichum flexicaule</i> (Schwägr.) Ignatov et Fedosov	•		
Дитрихум крошечный <i>Ditrichum pusillum</i> (Hedw.) Hampe	•	•	
Дрепанокладус крючковидный <i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst.	•		
Дрепанокладус многодомный <i>Drepanocladus polygamus</i> (Bruch et al.) Hedenäs	•	•	
Фонтиналис противопожарный <i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	•		•
Фунария влагомерная <i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	•	•	•
Гриммия Дона <i>Grimmia donniana</i> Sm.	•		
Гелодиум Бландова <i>Helodium blandowii</i> (F.Weber & D.Mohr) Warnst.	•	•	•
Гигрогипнелла охряная <i>Hygrohypnella ochracea</i> (Turner ex Wilson) Ignatov & Ignatova	•		
Гигрогипнум грязно-жёлтый <i>Hygrohypnum luridum</i> (Hedw.) Jenn.	•		
Гилокомиум блестящий <i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Bruch et al.	•	•	
Гименолома курчавенькая <i>Hymenoloma crispulum</i> (Hedw.) Ochyra	•	•	
Киэрия ледниковая <i>Kiaeria glacialis</i> (Berggr.) I.Hagen	•	•	
Киэрия Штарке <i>Kiaeria starkei</i> (F.Weber & D.Mohr) I.Hagen	•		
Лептобриум грушевидный <i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	•	•	•
Лептодикциум береговой <i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	•	•	•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Мниум годовалый <i>Mnium hornum</i> Hedw.	•	•	
Нифотрихум седоватый <i>Niphotrichum canescens</i> (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra	•		
Охырея твердоватая <i>Ochyraea duriuscula</i> (De Not.) Ignatov & Ignatova	•		
Палюделла оттопыренная <i>Paludella squarrosa</i> (Hedw.) Brid.	•		•
Филонотис ключевой <i>Philonotis fontana</i> (Hedw.) Brid.	•	•	•
Плагииомниум высокий <i>Plagiomnium elatum</i> (Bruch et al.) T.J.Kop.	•		
Плагииомниум эллиптический <i>Plagiomnium ellipticum</i> (Brid.) T.J.Kop.	•	•	•
Плагииотециум криволиственный <i>Plagiothecium curvifolium</i> Schlieph. ex Limpr.	•	•	
Плагииомниум средний <i>Plagiomnium medium</i> (Bruch et al.) T.J.Kop.	•		
Плагииотециум мелкозубчатый <i>Plagiothecium denticulatum</i> (Hedw.) Bruch et al.	•	•	
Плагииотециум яркий <i>Plagiothecium lactum</i> Bruch et al.	•		
Плевроциум Шребера <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	•	•	•
Погонатум урновидный <i>Pogonatum urnigerum</i> (Hedw.) P.Beauv.	•	•	•
Полия Эндрюса <i>Poblia andrewsii</i> A.J.Shaw	•	•	
Полия годичная <i>Poblia annotina</i> (Hedw.) Lindb.	•	•	
Полия андалузская <i>Poblia andalusica</i> (Höhn.) Broth.	•		
Полия почконосная <i>Poblia bulbifera</i> (Warnst.) Warnst.	•	•	
Полия согнутошейковая <i>Poblia camptotrachela</i> (Renauld & Cardot) Broth.	•	•	
Полия свежая <i>Poblia cruda</i> (Hedw.) Lindb.	•		

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Полия нитевидная <i>Poblia filum</i> (Schimp.) Mårtensson	•	•	•
Полия поникшая <i>Poblia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	•	•	•
Полия выводковая <i>Poblia prolifera</i> (Kindb.) Lindb. ex Broth.	•	•	
Полия Валенберга <i>Poblia wahlenbergii</i> (F.Weber & D.Mohr) A.L.Andrews	•	•	•
Политрихум обыкновенный <i>Polytrichum commune</i> Hedw.	•	•	•
Политрихум можжевельниковидный <i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	•	•	•
Политрихум длинноножковый <i>Polytrichastrum longisetum</i> (Sw. ex Brid.) G.L.Sm.	•	•	
Политрихум волосоносный <i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.	•	•	
Политрихум сжатый <i>Polytrichum strictum</i> Brid.	•	•	•
Псевдобриум цинклидиевидный <i>Pseudobryum cinclidioides</i> (Huebener) T.J.Kop.	•	•	
Псевдокалиергон трёхрядный <i>Pseudocalliergon trifarium</i> (F.Weber & D.Mohr) Loeske	•		
Ризомниум ложноточечный <i>Rhizomnium pseudopunctatum</i> (Bruch & Schimp.) T.J.Kop.	•	•	•
Саниония крючковатая <i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske	•	•	•
Схистидиум Агассиса <i>Schistidium agassizii</i> Sull. & Lesq.	•	•	
Схистидиум верхоплодный <i>Schistidium apocarpum</i> (Hedw.) Bruch et al.	•	•	
Схистидиум толстоволосковый <i>Schistidium crassipilum</i> H.H.Blom	•		
Схистидиум городчатый <i>Schistidium crenatum</i> H.H.Blom	•		
Схистидиум Дюпре <i>Schistidium dupretii</i> (Thér.) W.A.Weber	•	•	

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Схистидиум ланцетолистный <i>Schistidium lancifolium</i> (Kindb.) H.H.Blom	•		
Схистидиум папиллозный <i>Schistidium papillosum</i> Culm.	•	•	
Схистидиум плосколистный <i>Schistidium platyphyllum</i> (Mitt.) Perss.	•		
Схистидиум речной <i>Schistidium rivulare</i> (Brid.) Podp.	•	•	
Схистидиум почтитупоконечный <i>Schistidium submuticum</i> Broth. ex H.H.Blom	•	•	
Сциурогипнум укороченный <i>Sciuro-hypnum curtum</i> (Lindb.) Ignatov	•	•	•
Сциурогипнум отогнутый <i>Sciuro-hypnum reflexum</i> (Starke) Ignatov & Huttunen	•	•	•
Сциурогипнум Штарке <i>Sciuro-hypnum starkei</i> (Brid.) Ignatov & Huttunen	•	•	
Скорпидиум Коссона <i>Scorpidium cossonii</i> (Schimp.) Hedenäs	•		
Скорпидиум отвёрнутый <i>Scorpidium revolvens</i> (Sw. ex anon.) Rubers	•		
Скорпидиум скорпионовидный <i>Scorpidium scorpioides</i> (Hedw.) Limpr.	•		
Серполескея тонкая <i>Serpoleskea subtilis</i> (Hedw.) Loeske	•	•	
Сфагнум скрученный <i>Sphagnum contortum</i> Schultz	•		
Сфагнум волосолистный <i>Sphagnum capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.	•	•	•
Сфагнум центральный <i>Sphagnum centrale</i> C.E.O.Jensen	•	•	
Сфагнум обманчивый <i>Sphagnum fallax</i> (H.Klinggr.) H.Klinggr.	•	•	
Сфагнум бахромчатый <i>Sphagnum fimbriatum</i> Wilson	•	•	
Сфагнум Гиргензона <i>Sphagnum girgensohnii</i> Russow	•	•	•
Сфагнум Руссова <i>Sphagnum russowii</i> Warnst.	•	•	

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Африканда
Сфагнум береговой <i>Sphagnum riparium</i> Ångstr.	•		•
Сфагнум оттопыренный <i>Sphagnum squarrosum</i> Crome	•	•	
Сфагнум рыжеватый <i>Sphagnum subfulvum</i> Sjörs	•		
Сфагнум однобокий <i>Sphagnum subsecundum</i> Nees	•		
Сфагнум гладкий <i>Sphagnum teres</i> (Schimp.) Ångstr.	•	•	
Сфагнум Варнсторфа <i>Sphagnum warnstorfi</i> Russow	•	•	
Страминергон соломенно-жёлтый <i>Straminergon stramineum</i> (Dicks. ex Brid.) Hedenäs	•	•	
Стереодон красивоокрашенный <i>Stereodon callichrous</i> (Brid.) Braithw.	•	•	
Тетрафис прозрачный <i>Tetraphis pellucida</i> Hedw.	•	•	•
Варнсторфия бесколечковая <i>Warnstorfia exannulata</i> (Bruch et al.) Loeske	•	•	
Варнсторфия плавающая <i>Warnstorfia fluitans</i> (Hedw.) Loeske	•	•	
Варнсторфия ложносоломенная <i>Warnstorfia pseudostraminea</i> (Müll.Hal.) Tuom. & T.J.Kop.	•	•	
Варнсторфия лозовидная <i>Warnstorfia sarmentosa</i> (Wahlenb.) Hedenäs	•		

Приложение 6

Список печеночников окрестностей Кольской АЭС

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные зори и окр.	Окр. Африканды
Аневра тучная <i>Aneura pinguis</i> (L.) Dumort.	•	•	•
Антелия Юрацки <i>Anthelia juratzkana</i> (Limpr.) Trevis.	•	•	•
Барбилофозия бородатая <i>Barbilophozia barbata</i> (Schmidel ex Schreb.) Loeske	•		•
Барбилофозия Хатчера <i>Barbilophozia hatcheri</i> (A. Evans) Loeske	•		
Барбилофозия плауновидная <i>Barbilophozia lycopodioides</i> (Wallr.) Loeske	•	•	•
Блазия тучная <i>Blasia pusilla</i> L.	•	•	•
Блефаростома волосистая <i>Blepharostoma trichophyllum</i> (L.) Dumort.	•	•	•
Калипогея цельнолисточковая <i>Calypogeia integristipula</i> Steph.	•	•	•
Калипогея Мюллера <i>Calypogeia muelleriana</i> (Schiffn.) Müll. Frib.	•		
Цефалозия двузаостренная <i>Cephalozia bicuspidata</i> (L.) Dumort.	•	•	•
Цефалозиелла растопыренная <i>Cephaloziella divaricata</i> (Sm.) Schiffn.	•		
Цефалозиелла красноватая <i>Cephaloziella rubella</i> (Nees) Warnst.	•		•
Цефалозиелла колючая <i>Cephaloziella spinigera</i> (Lindb.) Warnst. [<i>Cephaloziella subdentata</i> Warnst.]	•		
Хилосцифус многоцветковый <i>Chiloscyphus polyanthos</i> (L.) Corda	•		
Кладоподиелла плавающая <i>Cladopodiella fluitans</i> (Nees) H. Buch	•	•	

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные зори и окр.	Окр. Африканды
Диплофиллум тиссолистный <i>Diplophyllum taxifolium</i> (Wahlenb.) Dumort.	•		•
Эндогемма дернистая <i>Endogemma caespiticia</i> (Lindenb.) Konstant., Vilnet, Troitsky	•	•	
Фускоцефалозиопсис беловатый <i>Fuscocephalozia albescens</i> (Hook.) Váňa & L.Söderstr. [<i>Pleurocladula albescens</i> (Hook.) Grolle]	•		
Фускоцефалозиопсис белоцветковый <i>Fuscocephalozia leucantha</i> (Spruce) Váňa & L.Söderstr. [<i>Cephalozia leucantha</i> Spruce]	•		•
Фускоцефалозиопсис полулуннолистный <i>Fuscocephalozia lunulifolia</i> (Dumort.) Váňa & L. Söderstr. [<i>Cephalozia lunulifolia</i> (Dumort.) Dumort.]	•	•	•
Фускоцефалозиопсис обильноголовый <i>Fuscocephalozia pleniceps</i> (Austin) Váňa & L.Söderstr. [<i>Cephalozia pleniceps</i> (Austin) Lindb.]	•	•	•
Гимноколея вздутая <i>Gymnocolea inflata</i> (Huds.) Dumort.	•	•	•
Гимномитрион стройный <i>Gymnomitrium concinnatum</i> (Lightf.) Corda	•		•
Гимномитрион коралловидный <i>Gymnomitrium coralloides</i> Nees	•		
Харапантус Флотова <i>Harpanthus flotovianus</i> (Nees) Nees	•		
Изопахес двугородчатый <i>Isopachys bicrenatus</i> (Schmidel ex Hoffm.) H. Buch [<i>Lophozia bicrenata</i> (Schmidel ex Hoffm.) Dumort.]	•	•	•
Лепидозия ползучая <i>Lepidozia reptans</i> (L.) Dumort.	•		•
Лофоколея разнолистная <i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dumort.	•	•	•
Лофозия капельковая <i>Lophozia guttulata</i> (Lindb. et Arnell) A. Evans	•	•	•
Лофозия вздутая длинноцветковая <i>Lophozia ventricosa</i> (Dicks.) Dumort. var. <i>longiflora</i> (Nees) Macoun	•		•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные зори и окр.	Окр. Африканды
Лофозия Венцеля гренландская <i>Lophozia wenzelii</i> (Nees) Steph. var. <i>groenlandica</i> (Nees) Bakalin	•		
Лофозиопсис вырезанный <i>Lophozioopsis excisa</i> (Dicks.) Konstant. et Vilnet	•		
Лофозиопсис длиннозубый <i>Lophozioopsis longidens</i> (Lindb.) Konstant. et Vilnet	•	•	•
Маршанция многообразная сорная <i>Marchantia polymorpha</i> L. subsp. <i>ruderalis</i> Bischl. et Boissel.-Dub. [<i>M. latifolia</i> Gray]	•	•	•
Мезоптихия Джильмана <i>Mesoptychia gillmanii</i> (Austin) L.Söderstr. et Váňa	•		
Мезоптихия разнопобеговая <i>Mesoptychia heterocolpos</i> (Thed. ex Hartm.) L.Söderstr. et Váňa [<i>Leiocolea heterocolpos</i> (Thed. ex Hartm.) H. Buch]	•		
Мецгерия вильчатая <i>Metzgeria furcata</i> (L.) Dumort.	•		
Милия необычная <i>Mylia anomala</i> (Hook.) Gray	•	•	•
Нардия чашевидная <i>Nardia geoscyphus</i> (De Not.) Lindb.	•		•
Нардия лестничная <i>Nardia scalaris</i> Gray	•		•
Неоортакаулюс утончающийся <i>Neoorthocaulis attenuatus</i> (Mart.) L. Söderstr., De Roo et Hedd. [<i>Orthocaulis attenuatus</i> (Mart.) A. Evans]	•	•	
Неоортакаулюс Бинстеда <i>Neoorthocaulis binsteadii</i> (Kaal.) L. Söderstr., De Roo et Hedd. [<i>Orthocaulis binsteadii</i> (Kaal.) H. Buch]	•		
Неоортакаулюс Флёрка <i>Neoorthocaulis floerkei</i> (F. Weber et D. Mohr) L. Söderstr., De Roo et Hedd. [<i>Orthocaulis floerkei</i> (F. Weber et D. Mohr) H. Buch]	•	•	
Обтузифолиум тупой <i>Obtusifolium obtusum</i> (Lindb.) S.W. Arnell	•	•	•
Одонтосхизма удлинённая <i>Odontoschisma elongatum</i> (Lindb.) A. Evans	•	•	•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные зори и окр.	Окр. Африканды
Пеллия Нееса <i>Pellia neesiana</i> (Gottsche) Limpr.	•	•	
Прессия квадратная <i>Preissia quadrata</i> (Scop.) Nees	•	•	•
Протолофозия удлиненная <i>Protolophozia elongata</i> (Steph.) Schljakov	•		
Псевдолофозия судетская <i>Pseudolophozia sudetica</i> (Nees ex Huebener) Konstant. et Vilnet [<i>Lophozia sudetica</i> (Nees ex Hueb.) Grolle]	•		•
Птилидиум реснитчатый <i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe	•	•	•
Птилидиум красивейший <i>Ptilidium pulcherrimum</i> (Weber) Vain.	•	•	•
Риккардия широколопастная <i>Riccardia latifrons</i> (Lindb.) Lindb.	•	•	
Саккобазис глянцеватый <i>Saccobasis polita</i> (Nees) H. Buch	•	•	
Скапания короткая <i>Scapania curta</i> (Mart.) Dumort.	•	•	•
Скапания северная <i>Scapania hyperborea</i> Jørg.	•		
Скапания заливная <i>Scapania irrigua</i> (Nees) Nees	•		•
Скапания короткозаостренная <i>Scapania mucronata</i> H. Buch	•	•	•
Скапания почтиальпийская <i>Scapania subalpina</i> (Nees ex Lindenb.) Dumort.	•		•
Скапания топяная <i>Scapania uliginosa</i> (Sw. ex Lindenb.) Dumort.	•		
Скапания волнистая <i>Scapania undulata</i> (L.) Dumort.	•		
Схистохилопсис крупноклеточный <i>Schistochilopsis grandiretis</i> (Lindb. ex Kaal.) Konstant.	•	•	
Схистохилопсис надрезанный <i>Schistochilopsis incisa</i> (Schrad.) Konstant.	•	•	•
Схистохилопсис матоволистный <i>Schistochilopsis</i> cf. <i>opacifolia</i> (Culm. ex Meyl.) Konstant.	•		

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные зори и окр.	Окр. Африканды
Шляковия Кунца <i>Schljakovia kunzeana</i> (Huebener) Konstant. et Vilnet [<i>Orthocaulis kunzeanus</i> (Huebener) H. Buch]	•	•	•
Схистохилопис надрезанный <i>Schistochilopsis incisa</i> (Schrad.) Konstant.	•	•	•
Шляковиантус четырехлопастной <i>Schljakovianthus quadrilobus</i> (Lindb.) Konstant. et Vilnet [<i>Orthocaulis quadrilobus</i> (Lindb.) H. Buch]	•		
Соленостома шаровидноплодная <i>Solenostoma sphaerocarpum</i> (Hook.) Steph.	•		•
Сфенолобус малый <i>Sphenolobus minutus</i> (Schreb.) Berggr. [<i>Anastrophyllum minutum</i> (Schreb.) R. M. Schust.]	•	•	•
Сфенолобус скальный <i>Sphenolobus saxicola</i> (Schrad.) Steph.	•		
Тетралофозия щетинковидная <i>Tetralophozia setiformis</i> (Ehrh.) Schljakov [<i>Chandonanthus setiformis</i> (Ehrh.) Lindb.]	•	•	•
Тритомария пятизубая <i>Trilophozia quinquedentata</i> (Huds.) Bakalin [<i>Tritomaria quinquedentata</i> (Huds.) H. Buch]	•	•	•

Приложение 7

Список сосудистых растений окрестностей Кольской АЭС

Перечень сосудистых растений включает виды, отмеченные в 15-км зоне вокруг КАЭС. Он подготовлен на основе полевых наблюдений, а также дополнен по литературным источникам. В 2020 г. автором были обследованы город Полярные Зори, поселок Зашеек, гора Лысая, ближайшие окрестности КАЭС, трасса «Кола» и обширные участки таежных лесов и болот 15-км зоны вне этих пунктов. Материалы были дополнены наблюдениями Е.А. Боровичева из окрестностей Африканды и ур. Лесная Варака, а так же Е.А. Колинко (Кандалакшский заповедник) в городе Полярные Зори (марьянник дубравный) и его окрестностях (подсолнечник однолетний и картофель на городской свалке). Полностью были учтены литературные данные о находках видов, приведенные в кратком геоботаническом очерке Ю.Д. Цинзерлинга [1929], «Флоре Мурманской области» [1953-1966], материалах обследования полей подсобного хозяйства Зашейковского лесокомбината [Шлякова, 1982] и флористических находках [Блинова, 2002]. Данные из «Определителя высших растений Мурманской области и Карелии» [Раменская, Андреева, 1982] и «Анализа флоры Мурманской области и Карелии» [Раменская, 1983] были использованы лишь частично, поскольку они нередко содержат неточные географические привязки (например, вид был указан ранее для Чуна-Тундры, но в определителе он значится для Зашейка). Значительная часть этих ошибочных указаний перекочевала и в список, опубликованный в прошлом издании книги о природе окрестностей КАЭС [Маслобоев и др., 2010]. Этот список был основан на материалах дипломной работы студентки Кольского филиала Петрозаводского государственного университета С. Ф. Ушамовой. К сожалению, нам не удалось познакомиться с гербарными материалами работы, поэтому виды, вероятность нахождения которых мала ввиду отсутствия пригодных местообитаний на этой территории и особенно сложные для определения, нами были исключены: *Equisetum variegatum* Schleich. ex Web. et Mohr., *Sparganium emersum* Rehm., *Sparganium gramineum* Georgi., *Hierochloe alpina* (Sw.) Roem. et Schult., *Alopecurus geniculatus* L., *Agrostis canina* L., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth., *Deschampsia glauca* C. Hartm., *Poa alpina* L., *Poa crispa* Thuill., *Poa nemoralis* L., *Festuca arenaria* Osbeck., *Carex stenolepis* Less., *Luzula multiflora* (Ehrh.) Lej., *L. wahlenbergii* Rupr., *Listera ovata* L., *Allium schoenoprasum* L., *Salix lanata* L., *Betula pubescens* Ehrh. (→ *B. subartica*), *Stellaria nemorum* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith., *Ranunculus glabriusculus* Rupr., *Thalictrum alpinum* L., *Papaver nudicaule* L. (→ *P. croceum*), *S. hirculus* L., *Potentilla multifida* L., *Rosa majalis* Herrm., *Erigeron politis* Fries. (→ *E. arcis*), *Omalotheca norvegica* (Gunn.) Sch. Bip. et F. Schultz., *Omalotheca supina* (L.) DC., *Matricaria recutita* L., *Hieracium alpinum* L.

Обозначения:

● — указание приведено на основании полевых работ 2020 года;

○ — указание основано на данных литературы;

† — вид, вероятно, исчез на территории;

* — заносный вид;

A — вид известен только из окрестностей Африканды;

B — вид известен только из ур. Лесная Варака.

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Тысячелистник остроконачный <i>Achillea apiculata</i> N.I.Orlova	●					
Тысячелистник обыкновенный <i>Achillea millefolium</i> L.	● A	●	●	●	●	
*Тысячелистник птармика <i>Achillea ptarmica</i> L.	● A	●	●		●	
*Таран альпийский <i>Aconogonon alpinum</i> (All.) Schur		●	●			
*Таран Вейриха <i>Aconogonon weyrichii</i> (F. Schmidt) H. Hara	● A	●		●		
Воронец красноплодный <i>Actaea erythrocarpa</i> (Fisch. & C. A. Mey.) Freyn	●					
*Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria</i> L.		●	●			
*Куколь обыкновенный <i>Agrostemma githago</i> L.	○					
Полевица волосовидная (тонкая) <i>Agrostis capillaris</i> L. [<i>A. tenuis</i> Sibth.]	●	●	●			
Полевица гигантская <i>Agrostis gigantea</i> Roth		●		●		
Полевица Мертенса (северная) <i>Agrostis mertensii</i> Trin. [<i>A. borealis</i> Hartm.]	●	●		●		●
Полевица побегообразующая <i>Agrostis stolonifera</i> L.	●					
*Манжетки <i>Alchemilla</i> spp.	●		●	●		
Ольха серая <i>Alnus incana</i> (L.) Moench subsp. <i>incana</i>	●	●	●	●	●	●
Ольха кольская <i>Alnus incana</i> subsp. <i>kolaënsis</i> (N. I. Orlova) Á. Löve & D. Löve	●					

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Лисохвост равный <i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.					•	
*Лисохвост луговой <i>Alopecurus pratensis</i> L.		•	•			
Подбел обыкновенный <i>Andromeda polifolia</i> L.	•					•
Дягиль лекарственный <i>Angelica archangelica</i> L.	○					
Дудник лесной <i>Angelica sylvestris</i> L.	•	•				•
Кошачья лапка двудомная <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	•	•				•
Душистый колосок альпийский <i>Anthoxanthum alpinum</i> Á. Löve & D. Löve	•	•	•			•
Душистый колосок обыкновенный <i>Anthoxanthum odoratum</i> L.			○			
*Купырь лесной <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	•	•	•	•	•	
*Язвенник песчаный <i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>arenaria</i> (Rupr.) Tzvelev					•	
*Водосбор железистый <i>Aquilegia glandulosa</i> Fisch. ex Link				•		
*Водосбор обыкновенный <i>Aquilegia vulgaris</i> L.	• A	•	•			
*Резушка (резуха) песчаная <i>Arabidopsis arenosa</i> (L.) Lawalrée [<i>Arabis arenosa</i> (L.) Scop.]		•			•	
*Лопух паутинистый <i>Arctium tomentosum</i> Mill.		•				
Толокнянка обыкновенная <i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	•	•	•	•	•	•
Арктоус альпийский <i>Arctous alpina</i> (L.) Nied.	•	•	•	•	•	•
*Полынь обыкновенная <i>Artemisia vulgaris</i> L.		•	•	•	•	
Костенец зелёный <i>Asplenium viride</i> Huds.	• B					•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лылая гора
Астрагал арктический (приполярный) <i>Astragalus alpinus</i> subsp. <i>arcticus</i> (Bunge) Lindm. [<i>A. subpolaris</i> Boriss. & Schischk.]				•		•
Астрагал холодный <i>Astragalus frigidus</i> (L.) A. Gray	• В					•
Кочедыжник расставленнолистный <i>Athyrium distentifolium</i> Tausch ex Opiz						•
Кочедыжник женский <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth						•
Овсик (луговик) извилистый <i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer	•	•	•	•	•	•
*Сурепка прямая <i>Barbarea stricta</i> Andrz.			•		•	
*Сурепка обыкновенная <i>Barbarea vulgaris</i> W. T. Aiton	• А	•	•	•	•	
Бартсия альпийская <i>Bartsia alpina</i> L.	•	•	•			•
*Бекмания обыкновенная <i>Beckmannia eruciformis</i> (L.) Host	○					
Берёза карликовая <i>Betula nana</i> L.	•	•			•	•
Берёза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	•	•	•	•	•	•
Берёза Черепанова <i>Betula pubescens</i> subsp. <i>czerepanovii</i> (N. I. Orlova) Hämet-Ahti	• В					•
Берёза субарктическая <i>Betula pubescens</i> subsp. <i>subarctica</i> (N.I.Orlova) Á.Löve & D.Löve	•	•	•	•	•	•
Змеевик живородящий <i>Bistorta vivipara</i> (L.) Delarbre	•					•
Гроздовник северный <i>Botrychium boreale</i> Milde	○					
Гроздовник полулунный <i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw.	○					
Капуста удлинённая, или рогачка хреновидная <i>Brassica elongata</i> Ehrh. [<i>Erucastrum armoracioides</i> (Czern. ex Turcz.) Cruchet]			○			

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Капуста полевая <i>Brassica rapa</i> subsp. <i>campestris</i> (L.) A. R. Clapham			○			
*Кострец безостый <i>Bromopsis inermis</i> (Leys.) Holub		•	•		•	
Вейник наземный <i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth		•		•		
Вейник лапландский <i>Calamagrostis lapponica</i> (Wahlenb.) Hartm.	•					•
Вейник тростниковидный <i>Calamagrostis phragmitoides</i> Hartm.	•	•		•	•	•
Вейник прямой <i>Calamagrostis stricta</i> Trin.	•	•	•	•		
Вейник гренландский <i>Calamagrostis stricta</i> subsp. <i>groenlandica</i> (Schrank) Á.Löve		•				
Болотник болотный <i>Callitriche palustris</i> L.	•				•	
Вереск обыкновенный <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	•	•	•	•	•	•
Калужница болотная <i>Caltha palustris</i> L.	•	•	•			
Колокольчик круглолистный <i>Campanula rotundifolia</i> L.	•	•	•			•
*Колокольчик широколистный <i>Campanula latifolia</i> L.			•			
*Пастушья сумка обыкновенная <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	•	•	•	•	•	
Сердечник болотный, или зубчатый <i>Cardamine pratensis</i> subsp. <i>paludosa</i> (Knaf) Čelak. [<i>Cardamine dentata</i> Schult.]	•	•				
*Чертополох курчавый <i>Carduus crispus</i> L.	•	•	•		•	
Осока острая <i>Carex acuta</i> L.	•	•				
Осока неясноустая <i>Carex adelostoma</i> V. I. Krecz.	•	•				•
Осока водяная <i>Carex aquatilis</i> Wahlenb.	•	•	•		•	•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Осока черноватая <i>Carex atrata</i> L.						•
Осока Бигелоу <i>Carex bigelowii</i> Torr. ex Schwein.	• В					•
Осока буроватая <i>Carex brunnescens</i> (Pers.) Poir.	•	•	•	•	•	•
Осока сероватая <i>Carex canescens</i> L.	•	•	•	•	•	•
Осока волосовидная <i>Carex capillaris</i> L.	•					•
Осока головчатая <i>Carex capitata</i> L.	○					
Осока дернистая <i>Carex cespitosa</i> L.	•					
Осока плетевидная <i>Carex chordorrhiza</i> L. f.	•					
Осока двутычинковая <i>Carex diandra</i> Schrank	•					
Осока двудомная <i>Carex dioica</i> L.	•					•
Осока верещатниковая <i>Carex ericetorum</i> Pollich						•
Осока жёлтая <i>Carex flava</i> L.	•	•				
Осока ледниковая <i>Carex glacialis</i> Mack.						•
Осока шаровидная <i>Carex globularis</i> L.	•	•		•		•
Осока Лашенали <i>Carex lachenalii</i> Schkuhr	○					
Осока волосистоплодная <i>Carex lasiocarpa</i> Ehrh.	•					
Осока топяная <i>Carex limosa</i> L.	•					
Осока свинцово-зелёная <i>Carex livida</i> (Wahlenb.) Willd.	•					
Осока плевеловидная <i>Carex loliacea</i> L.	○					

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
Осока чёрная <i>Carex nigra</i> (L.) Reichard	•	•	•		•	
Осока ситничек <i>Carex nigra</i> subsp. <i>juncella</i> (Fr.) Lemke	•	•				•
Осока норвежская <i>Carex norvegica</i> Retz.						•
Осока просяная <i>Carex panicea</i> L.	•					
Осока малоцветковая <i>Carex pauciflora</i> Lightf.	•					
Осока беднякья <i>Carex paupercula</i> Michx.	•					•
Осока беднякья <i>Carex paupercula</i> Michx.	•					•
Осока редкоцветковая <i>Carex rariflora</i> (Wahlenb.) Sm.	○					
Осока носатая (вздутая) <i>Carex rostrata</i> Stokes	•				•	•
Осока кругловатая <i>Carex rotundata</i> Wahlenb.	•					•
Осока скальная <i>Carex rupestris</i> All.	• В					•
Осока влагалищная <i>Carex vaginata</i> Tausch	•					•
Осока пузырчатая <i>Carex vesicaria</i> L.	•					
*Тмин обыкновенный <i>Carum carvi</i> L.		•	•		•	
*Василёк синий <i>Centaurea cyanus</i> L.		•				
*Василёк луговой <i>Centaurea jacea</i> L.		•			•	
*Василёк горный <i>Centaurea montana</i> L.			•			
*Василёк фригийский <i>Centaurea phrygia</i> L.					•	
Ясколка альпийская <i>Cerastium alpinum</i> L.						•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
*Ясколка обыкновенная, или костенцовая <i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i> (Hartm.) Greuter & Burdet [<i>C. holosteoides</i> Fr.]	•	•	•	•	•	
Хамедафне прицветничковая <i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	○					
Иван-чай узколистный <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	•	•	•	•	•	•
*Марь шведская <i>Cheopodium succicum</i> Murr	• A	•	•	•		
*Цикорий обыкновенный <i>Cichorium intybus</i> L.	•					
Вех ядовитый <i>Cicuta virosa</i> L.	○					
*Бодяк щетинистый <i>Cirsium arvense</i> subsp. <i>setosum</i> (Willd.) Iljin	•	•	•	•	•	
Бодяк разнолистный <i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill	•	•	•	•	•	•
Пальчатокоренник зелёный <i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hartm.	• B					•
Сабельник болотный <i>Comarum palustre</i> L.	•	•	•		•	•
Арктолютик (лютик) лапландский <i>Coptidium lapponicum</i> (L.) Gand. ex Rydb. [<i>Ranunculus lapponicus</i> L.]	○					
Ладьян трёхраздельный <i>Corallorhiza trifida</i> Châtel.	•			•		•
Дёрен шведский <i>Cornus suecica</i> L.	•	•	•	•	•	•
Скерда болотная <i>Crepis paludosa</i> (L.) Moench	•					•
*Скерда кровельная <i>Crepis tectorum</i> L.		•				
Криптограмма курчавая <i>Cryptogramma crispera</i> (L.) R. Br. ex Hook.						•
Венерин башмачок настоящий <i>Cypripedium calceolus</i> L.	○ A					
Пузырник ломкий <i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.						•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
*Ежа сборная <i>Dactylis glomerata</i> L.		•	•	•	•	•
Пальчатокоренник пятнистый <i>Dactylorhiza</i> aggr. <i>maculata</i> (L.) Soó	•	•			•	•
Пальчатокоренник Траунштейнера <i>Dactylorhiza traunsteineri</i> (Saut.) Soó	○					
Волчегородник обыкновенный <i>Daphne mezereum</i> L.	•					
*Живокость высокая <i>Delphinium elatum</i> L.			•			
Щучка дернистая <i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	•	•	•	•	•	•
*Дескурения Софы <i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl			•			
*Гвоздика травянка <i>Dianthus deltoides</i> L.				○		
Гвоздика пышная <i>Dianthus superbus</i> L.	• A					○
Диапенсия лапландская <i>Diapensia lapponica</i> L.						•
Вилозубник (ясколка) ясколковый <i>Dichodon cerastoides</i> (L.) Rchb. [<i>Cerastium cerastoides</i> (L.) Britton]	•					
Двурядник альпийский <i>Diphasiastrum alpinum</i> (L.) Holub						•
Двурядник сплюснутый <i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub	•					•
Двурядник Монтелля <i>Diphasiastrum complanatum</i> subsp. <i>montellii</i> (Kukkonen) Kukkonen						•
Росянка английская <i>Drosera anglica</i> Huds.	•					•
Росянка круглолистная <i>Drosera rotundifolia</i> L.	•			•		•
Щитовник картузианский <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H. P. Fuchs	•					
Щитовник широкий, или распростертый <i>Dryopteris expansa</i> (C. Presl) Fraser-Jenk. & Jermy	•					•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Болотница одночешуйная <i>Eleocharis uniglumis</i> (Link) Schult.	○ А					
Пырейник собачий <i>Elymus caninus</i> (L.) L.	○					
*Пырей ползучий <i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. ex Nevski	•	•	•	•	•	
Водяника гермафродитная <i>Empetrum nigrum</i> subsp. <i>hermaphroditum</i> (Hagerup) Böcher	•	•	•	•	•	•
*Кипрей реснитчатый <i>Epilobium ciliatum</i> Raf.			•			
Кипрей Горнемана <i>Epilobium hornemannii</i> Rchb.	○					
Кипрей белоцветковый <i>Epilobium lactiflorum</i> Hausskn.	○					
Кипрей болотный <i>Epilobium palustre</i> L.	•				•	
Надбородник безлистный <i>Epipogium aphyllum</i> Sw.	○					
Хвощ полевой <i>Equisetum arvense</i> L.	•	•	•	•	•	•
Хвощ приречный <i>Equisetum fluviatile</i> L.	•	•	•		•	
Хвощ зимующий <i>Equisetum hyemale</i> L.					•	
Хвощ болотный <i>Equisetum palustre</i> L.	•	•		•	•	•
Хвощ луговой <i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	•	•				•
Хвощ камышковый <i>Equisetum scirpoides</i> Michx.	• В					
Хвощ лесной <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	•	•	•	•	•	•
Мелколепестник дернистый <i>Erigeron</i> aggr. <i>acris</i> L.	○					
Пушица узколистная (многоколосковая) <i>Eriophorum angustifolium</i> Honck. [<i>E. polystachion</i> L. nom. illeg.]	•	•			•	•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
Пушица широколистная <i>Eriophorum latifolium</i> Hoppe	•					
Пушица Шейхцера <i>Eriophorum scheuchzeri</i> Hoppe	•			•	•	•
Пушица влагалищная <i>Eriophorum vaginatum</i> L.	•					•
Эрвлия (горошек) лесная <i>Ervilia sylvatica</i> (L.) Schur [<i>Vicia sylvatica</i> L.]	•					
*Желтушник левкойный <i>Erysimum cheiranthoides</i> L.		•				
Желтушник ястребинколистый <i>Erysimum strictum</i> G. Gaertn., B. Mey. & Scherb.		•			•	
*Очанка коротковолосистая <i>Euphrasia brevipila</i> Burnat & Gremli		•	•	•	•	
Очанка Ветштейна <i>Euphrasia wettsteinii</i> G. L. Gusarova						•
Эврибия (астра) сибирская <i>Eurybia sibirica</i> (L.) G. L. Nesom [<i>Aster sibiricus</i> L.]	• A		○			
*Гречишка вьюнковая <i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve	• A	•	•			
Овсяница овечья <i>Festuca ovina</i> L.	•	•	•	•	•	•
Овсяница красная <i>Festuca rubra</i> L.	•	•	•	•	•	
Лабазник вязолистный <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	•	•	•		•	•
Земляника лесная <i>Fragaria vesca</i> L.		•				
*Пикульник двенадerezанный <i>Galeopsis bifida</i> Voenn.		•	•			
Подмаренник северный <i>Galium boreale</i> L.	•	•				
*Подмаренник мягкий <i>Galium mollugo</i> L.		•	•	•		
Подмаренник болотный <i>Galium palustre</i> L.	•		•			
Подмаренник топяной <i>Galium uliginosum</i> L.	•					

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Горечавочка язычковая <i>Gentianella amarella</i> var. <i>lingulata</i> (C. Agardh) Karlsson				•		
*Герань луговая <i>Geranium pratense</i> L.	• A	•	•			
Герань лесная <i>Geranium sylvaticum</i> L.	•	•	•			•
Гравилат речной <i>Geum rivale</i> L.	•	•				•
Гудайера ползучая <i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br.	•	•				
Кокушник комарниковый <i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br.						•
Голокучник обыкновенный <i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newman	•	•				•
*Копеечник альпийский <i>Hedysarum alpinum</i> L.		•				
*Подсолнечник однолетний <i>Helianthus annuus</i> L.		•				
*Борщевик Мантегацци <i>Heracleum mantegazzianum</i> Sommier & Levier	• A	•				
Борщевик сибирский <i>Heracleum sibiricum</i> L.	• A	•	•		•	
*Борщевик Сосновского <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.		•	•			
Ястребинка трехзубчатая <i>Hieracium</i> aggr. <i>tridentatum</i> (Fr.) Fr.	•	•				•
Ястребинка зонтичная <i>Hieracium</i> aggr. <i>umbellatum</i> L.	•	•	•	•	•	
Ястребинка обыкновенная <i>Hieracium</i> aggr. <i>vulgatum</i> Fr.	•	•	•	•	•	•
Ястребинка обыкновенная <i>Hieracbloë odorata</i> Fr.	○					
Хвостник обыкновенный <i>Hippuris vulgaris</i> L.	•					
Баранец прижатый <i>Hyperzia selago</i> subsp. <i>appressa</i> (Bach. Pyl. ex Desv.) D. Löve ex Tzvelev	•					•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
Баранец обыкновенный <i>Hyperzia selago</i> (L.) Bernh. ex Schrank & Mart. subsp. <i>selago</i>	•					
Зверобой пятнистый <i>Hypericum maculatum</i> Crantz	○					
*Недотрога железконосная <i>Impatiens glandulifera</i> Royle	• А	•				
Полушник колючеспоровый <i>Isoetes echinospora</i> Durieu	•					
Ситник альпийскочленистый <i>Juncus alpinoarticulatus</i> Chaix	•	•			•	•
Ситник узловатый <i>Juncus alpinoarticulatus</i> subsp. <i>rariflorus</i> (Hartm.) Holub [<i>J. nodulosus</i> Wahlenb.]	•			•		•
Ситник сомнительный <i>Juncus ambiguus</i> Guss.		•				
*Ситник жабий <i>Juncus bufonius</i> L.		•	•	•	•	
Ситник каштановый <i>Juncus castaneus</i> Sm.	○					
*Ситник скученный <i>Juncus conglomeratus</i> L.					•	
Ситник нитевидный <i>Juncus filiformis</i> L.	•	•	•		•	•
Ситник стигийский <i>Juncus stygius</i> L.	•					
Ситник трёхраздельный <i>Juncus trifidus</i> L.						•
Ситник трёхчешуйный <i>Juncus triglumis</i> L.						•
Можжевельник обыкновенный <i>Juniperus communis</i> L.	•					
Можжевельник сибирский <i>Juniperus communis</i> subsp. <i>nana</i> Syme [<i>J. sibirica</i> Burgsd.]	•	•	•	•	•	•
Кальмия (луазелёрия) лежачая <i>Kalmia procumbens</i> (L.) Galasso et al. [<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv.]						•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лылая гора
Латук (цицербита) альпийская <i>Lactuca alpina</i> (L.) A. Gray [<i>Cicerbita alpina</i> (L.) Wallr.]						•
*Латук сибирский <i>Lactuca sibirica</i> (L.) Benth. ex Maxim.		•	•			
*Бородавник обыкновенный <i>Lapsana communis</i> L.		•				
*Чина луговая <i>Lathyrus pratensis</i> L.		•	•	•		
*Чина клубненосная <i>Lathyrus tuberosus</i> L.					○	
*Нивяник обыкновенный <i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	• A	•	•	•	•	
*Волоснец песчаный <i>Leymus arenarius</i> (L.) Hochst.		•			•	
*Льнянка обыкновенная <i>Linaria vulgaris</i> Mill.	• A	•	•	•	•	
Линнея северная <i>Linnaca borealis</i> L.	•	•	•	•	•	•
*Плевел (овсяница) тростниковый <i>Lolium arundinaceum</i> (Schreb.) Darbysh. [<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.]		•		•	•	
*Плевел многолетний <i>Lolium perenne</i> L.		•			•	
*Плевел (овсяница) луговой <i>Lolium pratense</i> (Schreb.) Darbysh. [<i>Festuca pratensis</i> Huds.]		•			•	
Жимолость субарктическая <i>Lonicera caerulea</i> subsp. <i>subarctica</i> (Pojark.) Sennikov	•					
Жимолость алтайская <i>Lonicera caerulea</i> subsp. <i>altaica</i> (Pall.) Gladkova	○					
Жимолость Палласа <i>Lonicera caerulea</i> subsp. <i>pallasii</i> (Ledeb.) Browicz	•	•				
*Лядвенец рогатый <i>Lotus corniculatus</i> L.				•	•	
*Люпин многолистный <i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.		•				

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
Ожика холодная <i>Luzula multiflora</i> subsp. <i>frigida</i> (Buchenau) V. I. Krecz.	•		•	•		
Ожика бледноватая <i>Luzula pallescens</i> Sw.	•			•	•	
Ожика волосистая <i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	•	•	•	•	•	•
Ожика колосистая <i>Luzula spicata</i> (L.) DC.						•
Ожика судетская <i>Luzula sudetica</i> (Willd.) Schult.						•
Кукушкин цвет обыкновенный <i>Lychnis flos-cuculi</i> L. [<i>Coccyganthe flos-cuculi</i> (L.) Fourr.]	• A					
Плаун одноколосковый (куропаточий) <i>Lycopodium clavatum</i> subsp. <i>monostachyon</i> (Grev. & Hook.) Selander [<i>L. lagopus</i> (Laest.) Zinserl. ex Kuzen.]						•
*Зюзник европейский <i>Lycopus europaeus</i> L.	○					
Вербейник (седмичник) европейский <i>Lysimachia europaea</i> (L.) U. Manns & Anderb. [<i>Trientalis europaea</i> L.]	•	•	•	•	•	•
Вербейник (кизляк) кистецветный <i>Lysimachia thyrsoflora</i> L. [<i>Naumburgia thyrsoflora</i> (L.) Rchb.]	•		•			
Майник двулистный <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt	•	•	•	•	•	•
*Ромашка безъязычковая <i>Matricaria discoidea</i> DC.		•	•	•	•	
*Люцерна посевная <i>Medicago sativa</i> L.		•				
*Марьянник дубравный <i>Melampyrum nemorosum</i> L.		•				
Марьянник луговой <i>Melampyrum pratense</i> L.	•	•	•	•	•	•
Марьянник лесной <i>Melampyrum sylvaticum</i> L.	•	•	•	•	•	•
Перловник поникающий <i>Melica nutans</i> L.	•					•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
*Донник белый <i>Melilotus albus</i> Medik.					•	
*Донник лекарственный <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.				•	•	
Мята полевая <i>Mentha arvensis</i> L.			•			
Вахта трёхлистная <i>Menyanthes trifoliata</i> L.	•	•			•	•
Мелкоцветка (камнеломка) снежная <i>Micranthes nivalis</i> (L.) Small [<i>Saxifraga nivalis</i> L.]						•
Бор развесистый <i>Milium effusum</i> L.	•					•
Молиния голубая <i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench	•					•
Одноцветка обыкновенная <i>Moneses uniflora</i> (L.) A. Gray	•	•				•
Незабудка стелющаяся <i>Myosotis decumbens</i> Host	•					
Незабудка скорпионочная (болотная) <i>Myosotis scorpioides</i> L. [<i>M. palustris</i> (L.) L.]		•	•			
Уруть очерёдноцветковая <i>Myriophyllum alterniflorum</i> DC.	•					
Белоус торчащий <i>Nardus stricta</i> L.	•					•
Гнездовка (тайник) сердцевидная <i>Neottia cordata</i> (L.) Rich. [<i>Listera cordata</i> (L.) R. Br.]	•					
*Сухоцветка лесная <i>Omalotheca sylvatica</i> (L.) Sch. Bip. & F. W. Schultz	• A			•		
*Эспарцет виколистный <i>Onobrychis viciifolia</i> Scop.					•	
Ортилия однобокая <i>Orthilia secunda</i> (L.) House	•	•	•	•	•	•
Остролодочник грязноватый <i>Oxytropis campestris</i> subsp. <i>sordida</i> (Willd.) C. Hartm.						•
*Мак шафранный <i>Papaver croceum</i> Ledeb.	○ A		•	•		

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
Вороний глаз четырёхлистный <i>Paris quadrifolia</i> L.	•					•
Белозор болотный <i>Parnassia palustris</i> L.	•					
Мытник лапландский <i>Pedicularis lapponica</i> L.	•					•
Мытник болотный <i>Pedicularis palustris</i> L.	•					
Мытник царский скипетр <i>Pedicularis sceptrum-carolinum</i> L.	•	•				
*Горец пятнистый <i>Persicaria maculosa</i> Gray		•				
Белокопытник холодный <i>Petasites frigidus</i> (L.) Fr.	•					
Двуклещник тростниковидный <i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert	•	•	•	•	•	
Буковник обыкновенный <i>Phegopteris connectilis</i> (Michx.) Watt	•					•
Тимофеевка альпийская <i>Phleum alpinum</i> L.	•	•				•
*Тимофеевка луговая <i>Phleum pratense</i> L.		•	•	•	•	
Тростник южный <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	•					
Филлодоце голубая <i>Phyllodoce caerulea</i> (L.) Bab.						•
Ель финская <i>Picea abies</i> subsp. <i>x fennica</i> (Regel) Parfenov	•	•	•	•	•	•
*Ястребиночка <i>Pilosella</i> sp.		•				
*Бедренец камнеломка <i>Pimpinella saxifraga</i> L.	• А	•		•	•	
Жирианка альпийская <i>Pinguicula alpina</i> L.						•
Жирианка волосистая <i>Pinguicula villosa</i> L.						•
Жирианка обыкновенная <i>Pinguicula vulgaris</i> L.	•					•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Сосна обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> L.	•	•	•	•	•	•
*Подорожник ланцетный <i>Plantago lanceolata</i> L.	• A	•				
*Подорожник большой <i>Plantago major</i> L.	• A	•	•	•	•	
*Подорожник средний <i>Plantago media</i> L.				•		
*Мятлик однолетний <i>Poa annua</i> L.		•	•	•	•	
Мятлик болотный <i>Poa palustris</i> L.	•					
*Мятлик луговой <i>Poa pratensis</i> L.	•	•	•	•	•	•
Мятлик Танфильева <i>Poa tanfiljewii</i> Roshev.	•					
*Синюха голубая <i>Polemonium caeruleum</i> L.		•	•			
*Истод горьковатый <i>Polygala amarella</i> Crantz		•				
*Спорыш птичий <i>Polygonum aviculare</i> L.	• A	•	•		•	
Многоножка обыкновенная <i>Polypodium vulgare</i> L.	• A					○
Осина обыкновенная <i>Populus tremula</i> L.	•	•				•
Рдест альпийский <i>Potamogeton alpinus</i> Balb.	○					
Рдест Берхгольда <i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	•					
Рдест злаковый <i>Potamogeton gramineus</i> L.	•					
Рдест плавающий <i>Potamogeton natans</i> L.	•					
Рдест пронзеннолистный <i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	•					
Рдест длиннейший <i>Potamogeton praelongus</i> Wulfen	•					

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
*Лапчатка серебристая <i>Potentilla argentea</i> L.			•			
Лапчатка Кранца <i>Potentilla crantzii</i> (Crantz) Beck ex Fritsch	• А					•
Лапчатка прямостоячая <i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.	•					•
*Лапчатка средняя <i>Potentilla intermedia</i> L.			•	•		
Первоцвет торчащий <i>Primula stricta</i> Hornem.	○					
*Первоцвет весенний <i>Primula veris</i> L.					•	
*Черноголовка обыкновенная <i>Prunella vulgaris</i> L.	○					
Черёмуха обыкновенная <i>Prunus padus</i> L. subsp. <i>padus</i>	•	•	•			
Черёмуха северная <i>Prunus padus</i> subsp. <i>borealis</i> (Schübeler ex A. Blytt) Nyman		•				
*Бескильница расставленная <i>Puccinellia distans</i> (Jacq.) Parl.		•			•	
*Бескильница Гаупта <i>Puccinellia hauptiana</i> (V.I.Krecz.) Kitag.				•	•	
Грушанка средняя <i>Pyrola media</i> Sw.	•					
Грушанка малая <i>Pyrola minor</i> L.	•	•				•
Грушанка круглолистная <i>Pyrola rotundifolia</i> L.	•					•
*Лютик едкий <i>Ranunculus acris</i> L.		•	•	•	•	
*Лютик золотистый <i>Ranunculus</i> agg. <i>auricomus</i> L.	○					
Лютик конферовидный (неукореняющийся) <i>Ranunculus confervoides</i> (Fr.) Fr.	•					
*Лютик ползучий <i>Ranunculus repens</i> L.	•	•	•	•	•	

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Лютик стелющийся <i>Ranunculus reptans</i> L.	•					
Лютик ядовитый <i>Ranunculus sceleratus</i> L.					•	
Лютик Шмальгаузена <i>Ranunculus schmalhauseni</i> Lufarov	•					
*Редька дикая <i>Raphanus raphanistrum</i> L.			○			
*Погремок поздний <i>Rhinanthus angustifolius</i> C. C. Gmel.	○					
*Погремок малый <i>Rhinanthus minor</i> L.	•	•	•	•	•	
Рододендрон войлочный (багульник болотный) <i>Rhododendron tomentosum</i> Harmaja [<i>Ledum palustre</i> L.]	•	•	•	•	•	•
Смородина чёрная <i>Ribes nigrum</i> L.	•					
Смородина колосистая <i>Ribes spicatum</i> E. Robson	•					
*Жерушник болотный <i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser		•	•		•	
Княженика обыкновенная <i>Rubus arcticus</i> L.	•					
Княженика гибридная <i>Rubus ×castoreus</i> Laest. [<i>R. arcticus</i> × <i>saxatilis</i>]	•					
Морошка <i>Rubus chamaemorus</i> L.	•					•
*Малина обыкновенная <i>Rubus idaeus</i> L.	•	•	•		•	•
Костяника <i>Rubus saxatilis</i> L.	•					•
Щавель кислый <i>Rumex acetosa</i> L.			•			
*Щавелёк обыкновенный <i>Rumex acetosella</i> L. subsp. <i>acetosella</i>		•	•	•	•	
Щавель водный <i>Rumex aquaticus</i> L.			•			

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
*Щавель длиннолистный <i>Rumex longifolius</i> DC.		•	•	•		
Щавель ложносолончаковый <i>Rumex pseudonatronatus</i> (Borbás) Murb.		•			•	
Мшанка узловатая <i>Sagina nodosa</i> (L.) Fenzl	•					
Мшанка лежачая <i>Sagina procumbens</i> L.		•	•	•	•	•
Ива козья <i>Salix caprea</i> L.	•	•	•	•	•	•
Ива сизая <i>Salix glauca</i> L.	•					•
Ива копьевидная <i>Salix hastata</i> L.	•	•				•
Ива лапландская <i>Salix lapponum</i> L.	•	•				•
Ива майская <i>Salix</i> × <i>majalis</i> Wahlenb. [<i>S. myrsinifolia</i> × <i>phylicifolia</i>]	•	•				
Ива мирзинолистная <i>Salix myrsinifolia</i> Salisb.	○					
Ива северная <i>Salix myrsinifolia</i> subsp. <i>borealis</i> (Fr.) Hyl.	•	•		•		•
Ива миртовидная <i>Salix myrsinites</i> L.	•					
Ива черничная <i>Salix myrtilloides</i> L.	•					
Ива пятитычинковая <i>Salix pentandra</i> L.	•					
Ива филиколистная <i>Salix phylicifolia</i> L.	•	•	•	•	•	•
Ива сетчатая <i>Salix reticulata</i> L.						•
*Ива Шверина <i>Salix schwerinii</i> E.L.Wolf		•	•			
Ива трехтычинковая <i>Salix triandra</i> L.	○ †					

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Кровохлёбка многобрачная <i>Sanguisorba officinalis</i> var. <i>polygama</i> (F. Nyl.) Serg.	•					
Соссюрея альпийская <i>Saussurea alpina</i> (L.) DC.	•					•
Камнеломка жестколистная <i>Saxifraga aizoides</i> L.	• В					
Шейхцерия болотная <i>Scheuchzeria palustris</i> L.	•					
*Скорзонероидес (кульбаба) осенняя <i>Scorzoneroides autumnalis</i> (L.) Moench [<i>Leontodon autumnalis</i> L.]	•	•	•	•	•	
Плаунок плаунковидный <i>Selaginella selaginoides</i> (L.) P. Beauv. ex Schrank & Mart.	•					•
*Крестовник сомнительный <i>Senecio dubitabilis</i> C. Jeffrey & Y. L. Chen		•		•		
*Крестовник обыкновенный <i>Senecio vulgaris</i> L.		•	•		•	
*Дрёма двудомная <i>Silene dioica</i> (L.) Clairv.		•	•	•		
*Дрёма белая <i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i> (Mill.) Greuter & Burdet		•			•	
*Смолёвка татарская <i>Silene tatarica</i> (L.) Pers.		•				
*Хлопушка обыкновенная <i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke		•			•	
*Горчица полевая <i>Sinapis arvensis</i> L.			○			
*Томат съедобный <i>Solanum lycopersicum</i> L.					•	
*Паслён клубненосный, или картофель <i>Solanum tuberosum</i> L.	•					
Золотарник лапландский <i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>lapponica</i> (With.) Tzvelev	•	•	•	•	•	•
*Осот полевой <i>Sonchus arvensis</i> L.				•	•	
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	•	•	•	•	•	•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысяя гора
Ежеголовник узколистный <i>Sparganium angustifolium</i> Michx.	•					
Ежеголовник северный <i>Sparganium hyperboreum</i> Laest. ex Beurl.	•					
Ежеголовник плавающий <i>Sparganium natans</i> L.	•					
*Торица полевая <i>Spergula arvensis</i> L.		•	○			
*Торичник красный <i>Spergularia rubra</i> (L.) J. Presl & C. Presl			○			
Плаун годичный <i>Spinulum annotinum</i> (L.) A. Haines	•	•	•	•		•
Колючеплаун (плаун) сомнительный <i>Spinulum annotinum</i> subsp. <i>alpestre</i> (Hartm.) Uotila [<i>Lycopodium pungens</i> Bach. Pyl. ex Iljin nom illeg.]						•
Звездчатка северная <i>Stellaria borealis</i> Bigelow	○					
Звездчатка финская <i>Stellaria fennica</i> (Murb.) Perfil.		•	•			
*Звездчатка злаковидная <i>Stellaria graminea</i> L.		•	•	•	•	
*Звездчатка средняя <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	• A	•	•	•		
Шилолистник водяной <i>Subularia aquatica</i> L.	•					
*Симфиотрихум (астра) иволистная <i>Symphyotrichum ×salignum</i> (Willd.) G. L. Nesom [<i>Aster salignus</i> Willd.]		•				
*Пижма обыкновенная <i>Tanacetum vulgare</i> L.	• A	•	•	•	•	
Одуванчик шафранный <i>Taraxacum</i> aggr. <i>croceum</i> Dahlst.		•				•
*Одуванчик лекарственный <i>Taraxacum</i> aggr. <i>officinale</i> Wigg.		•	•	•	•	
*Ярутка полевая <i>Thlaspi arvense</i> L.				•		
Тимьян (чабрец) субарктический <i>Thymus serpyllum</i> subsp. <i>tanaënsis</i> (Hyl.) Jalas [<i>T. subarcticus</i> Klokov & Des.-Shost.]						•

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Тофилдия маленькая <i>Tofieldia pusilla</i> (Michx.) Pers.	•					•
Пухонос альпийский <i>Trichophorum alpinum</i> (L.) Pers.	•					
Пухонос дернистый <i>Trichophorum cespitosum</i> (L.) Hartm.	•					•
*Клевер гибридный <i>Trifolium hybridum</i> L.		•	•	•	•	
*Клевер средний <i>Trifolium medium</i> L.		•			•	
*Клевер луговой <i>Trifolium pratense</i> L.		•	•	•	•	
*Клевер ползучий <i>Trifolium repens</i> L.	•	•	•	•	•	
*Клевер каштановый <i>Trifolium spadiceum</i> L.		•		•	•	
Триостренник морской <i>Triglochin maritima</i> L.	○ A					
Триостренник болотный <i>Triglochin palustris</i> L.	•					
*Трёхреберник непахучий <i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.		•	•	•	•	
Купальница европейская <i>Trollius europaeus</i> L.	•	•	•			•
Мать-и-мачеха обыкновенная <i>Tussilago farfara</i> L.	•	•	•	•	•	
*Рогоз широколистный <i>Typha latifolia</i> L.	○ A				•	
*Крапива двудомная <i>Urtica dioica</i> L. subsp. <i>dioica</i>	•	•	•	•	•	
Крапива Сондена <i>Urtica dioica</i> subsp. <i>sondenii</i> (Simmons) Hyl.	•					
*Крапива жгучая <i>Urtica urens</i> L.			○			
Пузырчатка средняя <i>Utricularia intermedia</i> Hayne	•					
Пузырчатка малая <i>Utricularia minor</i> L.	•					

Русское название Латинское название	15-км зона	Полярные Зори	Зашеек	КАЭС	Трасса «Кола»	Лысая гора
Пузырчатка обыкновенная <i>Utricularia vulgaris</i> L.	•					
Клюква мелкоплодная <i>Vaccinium microcarpum</i> (Turcz. ex Rupr.) Schmalh. [<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr.]	•					•
Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	•	•	•	•	•	•
Клюква болотная <i>Vaccinium oxycoccos</i> L. [<i>Oxycoccus palustris</i> Pers.]	•					
Голубика обыкновенная <i>Vaccinium uliginosum</i> L.	•	•	•	•	•	•
Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	•	•	•	•	•	•
*Валериана лекарственная <i>Valeriana officinalis</i> L.		•				
*Вероника дубравная <i>Veronica chamaedrys</i> L.		•				
Вероника кустящаяся <i>Veronica fruticans</i> Jacq.	• В					
Вероника длиннолистная <i>Veronica longifolia</i> L.	•	•		•		
*Вероника тимьянолистная <i>Veronica serpyllifolia</i> L.	○ А					
*Горошек мышиный <i>Vicia cracca</i> L.	•	•	•	•	•	
Горошек заборный <i>Vicia sepium</i> L.	•	•	•	•	•	
Фиалка Руппа (дубравная) <i>Viola canina</i> subsp. <i>rurpii</i> (All.) Schübl. & Martens [<i>V. nemoralis</i> Kütz]						•
Фиалка лысая <i>Viola epipsila</i> Ledeb.	•	•				
*Фиалка трёхцветная <i>Viola tricolor</i> L.		•				
Вудсия гладковатая <i>Woodsia glabella</i> R. Br. ex Richardson	○					
Вудсия эльбская <i>Woodsia ilvensis</i> (L.) R. Br.						•

Приложение 8

Перечень дендроинтродуцентов, отмеченных в городе Полярные зори в 2020 году

Русское название Латинское название	Полярные Зори
Боярышник кроваво-красный <i>Crataegus sanguinea</i> Pall. [по указанию: Святковская и др., 2020]	•
Боярышник Максимовича <i>Crataegus maximowiczii</i> C.K. Schneid.	•
Дуб черешчатый <i>Quercus robur</i> L.	•
Жимолость татарская <i>Lonicera tatarica</i> L.	•
Ива прутовидная, или корзиночная <i>Salix viminalis</i> L.	•
Ива удская <i>Salix udensis</i> Trautv. & C.A. Mey.	•
Ива Шверина <i>Salix schwerinii</i> E.L. Wolf	•
Карагана древовидная <i>Caragana arborescens</i> Lam.	•
Лиственница архангельская <i>Larix archangelica</i> Laws.	•
Лиственница сибирская <i>Larix sibirica</i> Ledeb.	•
Сирень венгерская <i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Reichenb.	•
Сирень Генри <i>Syringa</i> × <i>henryi</i> C.K. Schneid.	•
Сирень обыкновенная <i>Syringa vulgaris</i> L.	•
Спирея берёзолистная <i>Spiraea betulifolia</i> Pall.	•
Спирея дубровколистная <i>Spiraea chamaedryfolia</i> L.	•
Спирея иволистная <i>Spiraea salicifolia</i> L.	•

Русское название Латинское название	Полярные Зори
Тополь гибридный <i>Populus</i> sp. hybr.	•
Тополь Максимовича <i>Populus maximowiczii</i> A. Henry	•
Шиповник (роза) колючейший <i>Rosa spinosissima</i> L.	•

Приложение 9

Список птиц в 30-км зоне Кольской АЭС в 2011-2019 гг.

Русское название Латинское название	Статус	Встречаемость
Краснозобая гагара <i>Gavia stellata</i> Pontoppidan, 1763	Гнездящийся	1-2
Чернозобая гагара <i>Gavia arctica</i> L., 1758	Гнездящийся	1-3
Большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i> L., 1758	Залетный	0-1
Канадская казарка <i>Branta canadensis</i> L., 1758	Залетный	0-1
Белолобый гусь <i>Anser albifrons</i> Scopoli, 1769	Пролетный	0-1
Гуменник <i>Anser fabalis</i> Latham, 1787	Гнездящийся	1-2
Лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Тундряной лебедь <i>Cygnus bewickii</i> Yarrell, 1830	Пролетный	0-1
Кряква <i>Anas platyrhynchos</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Чирок-свистунок <i>Anas crecca</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Серая утка <i>Anas strepera</i> L., 1758	Залетный	0-1
Свиязь <i>Anas penelope</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Шилохвость <i>Anas acuta</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Чирок-трескунок <i>Anas querquedula</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Широконоска <i>Anas clypeata</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Хохлатая чернеть <i>Aythya fuligula</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2

Русское название Латинское название	Статус	Встречаемость
Морская чернеть <i>Aythya marila</i> L., 1761	Пролетный	0-1
Морянка <i>Clangula hyemalis</i> L., 1758	Пролетный	0-1
Гоголь <i>Vesperhala clangula</i> L., 1758	Гнездящийся	3-4
Обыкновенная гага <i>Somateria mollissima</i> L., 1758	Залетный	0-1
Синьга <i>Melanitta nigra</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Турпан <i>Melanitta fusca</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Луток <i>Mergellus albellus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i> L., 1758	Гнездящийся	1-3
Большой крохаль <i>Mergus merganser</i> L., 1758	Гнездящийся	2-4
Скопа <i>Pandion haliaetus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Тетеревятник <i>Accipiter gentilis</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Перепелятник <i>Accipiter nisus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Зимняк <i>Buteo lagopus</i> Pontoppidan, 1763	Гнездящийся	3-4
Беркут <i>Aquila chrysaetos</i> L., 1758	Гнездящийся	1
Орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i> L., 1758	Гнездящийся	1
Кречет <i>Falco rusticolus</i> L., 1758	Гнездящийся	1
Дербник <i>Falco columbarius</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Обыкновенная пустельга <i>Falco tinnunculus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Чеглок <i>Falco subbuteo</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Белая куропатка <i>Lagopus lagopus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-4

Русское название Латинское название	Статус	Встречаемость
Тундряная куропатка <i>Lagopus muta</i> Montin, 1781	Гнездящийся	1-2
Тетерев <i>Lyrurus tetrrix</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Глухарь <i>Tetrao urogallus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-3
Рябчик <i>Tetrastes bonasia</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Серый журавль <i>Grus grus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Золотистая ржанка <i>Pluvialis apricaria</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Галстучник <i>Charadrius hiaticula</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Чибис <i>Vanellus vanellus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Черныш <i>Tringa ochropus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Фифи <i>Tringa glareola</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Большой улит <i>Tringa nebularia</i> Gunnerus, 1767	Гнездящийся	2-3
Щеголь <i>Tringa erythropus</i> Pallas, 1764	Гнездящийся	0-1
Перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Круглоносый плавунчик <i>Phalaropus lobatus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Турухтан <i>Phylomachus pugnax</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Белохвостый песочник <i>Calidris temminckii</i> Leisler, 1812	Гнездящийся	0-1
Бекас <i>Gallinago gallinago</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Вальдшнеп <i>Scolopax rusticola</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Средний кроншнеп <i>Numenius phaeopus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Малая чайка <i>Larus minutus</i> Pallas, 1776	Гнездящийся	0-1

Русское название Латинское название	Статус	Встречаемость
Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i> L., 1766	Гнездящийся	2-3
Клуша <i>Larus fuscus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Серебристая чайка <i>Larus argentatus</i> Pontoppidan, 1763	Гнездящийся	1-2
Сизая чайка <i>Larus canus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Полярная крачка <i>Sterna paradisaea</i> Pontoppidan, 1763	Гнездящийся	0-1
Люрик <i>Alle alle</i> L., 1758	Пролетный	0-1
Тонкоклювая кайра <i>Uria aalge</i> Pontoppidan, 1763	Пролетный	0-1
Сизый голубь <i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	Гнездящийся	2-4
Обыкновенная кукушка <i>Cuculus canorus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Белая сова <i>Nyctea scandiaca</i> L., 1758	Залетный	0-1
Мохноногий сыч <i>Aegolius funereus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Воробьиныйсыч <i>Glaucidium passerinum</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Ястребиная сова <i>Surnia ulula</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Бородатая неясыть <i>Strix nebulosa</i> Forster, 1772	Гнездящийся	1-2
Чёрный стриж <i>Apus apus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Вертишейка <i>Jynx torquilla</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Желна <i>Dryocopus martius</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Большой пестрый дятел <i>Dendrocopos major</i> L., 1758	Гнездящийся	0-3
Трехпалый дятел <i>Picoides tridactylus</i> L., 1758	Гнездящийся	1
Береговая ласточка <i>Riparia riparia</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1

Русское название Латинское название	Статус	Встречаемость
Деревенская ласточка <i>Hirundo rustica</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Воронок <i>Delichon urbica</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Луговой конек <i>Anthus pratensis</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Белая трясогузка <i>Motacilla alba</i> L., 1758	Гнездящийся	2-3
Желтая трясогузка <i>Motacilla flava</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Серый сорокопут <i>Lanius excubitor</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Кукша <i>Perisoreus infaustus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Сойка <i>Garrulus glandarius</i> L., 1758	Залетный	0-1
Сорока <i>Pica pica</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Серая ворона <i>Corvus cornix</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Ворон <i>Corvus corax</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Свиристель <i>Bombycilla garrulus</i> L., 1758	Гнездящийся Кочующий	0-5
Оляпка <i>Cinclus cinclus</i> L., 1758	Гнездящийся	2
Камышевка-барсучок <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Пеночка-весничка <i>Pyloscopus trochilus</i> L., 1758	Гнездящийся	3-4
Желтоголовый королек <i>Regulus regulus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Мухоловка-пеструшка <i>Ficedula hypoleuca</i> Pallas, 1764	Гнездящийся	2-3
Серая мухоловка <i>Muscicapa striata</i> Pallas, 1764	Гнездящийся	1-3
Обыкновенная каменка <i>Oenanthe oenanthe</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Обыкновенная горихвостка <i>Phoenicurus phoenicurus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2

Русское название Латинское название	Статус	Встречаемость
Варакушка <i>Luscinia svecica</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Рябинник <i>Turdus pilaris</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Черный дрозд <i>Turdus merula</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Белобровик <i>Turdus iliacus</i> L., 1758	Гнездящийся	3-4
Певчий дрозд <i>Turdus philomelos</i> Brehm, 1831	Гнездящийся	2-3
Деряба <i>Turdus viscivorus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Длиннохвостая синица <i>Aegitalos caudatus</i> L., 1758	Залетный	0-1
Буроголовая гаичка <i>Parus montanus</i> Baldenstein, 1827	Гнездящийся	1-2
Сероголовая гаичка <i>Parus cinctus</i> Boddaert, 1783	Гнездящийся	1-3
Большая синица <i>Parus major</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Обыкновенный поползень <i>Sitta europaea</i> L., 1758	Залетный	0-1
Домовый воробей <i>Passer domesticus</i> L., 1758	Гнездящийся	5
Зяблик <i>Fringilla coelebs</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Юрок <i>Fringilla montifringilla</i> L., 1758	Гнездящийся	3-4
Обыкновенная зеленушка <i>Chloris chloris</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Чиж <i>Spinus spinus</i> L., 1758	Гнездящийся	0-1
Обыкновенная чечетка <i>Acanthis flammea</i> L., 1758	Гнездящийся Кочующий	1-5
Пепельная чечетка <i>Acanthis hornemanni</i> Holböll, 1843	Гнездящийся Кочующий	1-2
Щур <i>Pinicola enucleator</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Клёст-сосновик <i>Loxia pytyopsittacus</i> Borkhausen, 1793	Гнездящийся Кочующий	0-2

Русское название Латинское название	Статус	Встречаемость
Обыкновенный клест <i>Loxia curvirostra</i> L., 1758	Гнездящийся Кочующий	0-5
Белокрылый клест <i>Loxia leucoptera</i> Gmelin, 1789	Гнездящийся Кочующий	0-4
Обыкновенный снегирь <i>Pyrrhula pyrrhula</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Обыкновенная овсянка <i>Emberiza citrinella</i> L., 1758	Залетный	0-1
Тростниковая овсянка <i>Schoeniclus schoeniclus</i> L., 1758	Гнездящийся	1-2
Овсянка-ремез <i>Ocyris rustica</i> Pallas, 1776	Гнездящийся	1-2
Овсянка-крошка <i>Ocyris pusillus</i> Pallas, 1776	Гнездящийся	1-2
Пуночка <i>Plectrophenax nivalis</i> L., 1758	Гнездящийся Пролетный	1-2

Приложение 10

Список млекопитающих в 30-км зоне Кольской АЭС

Русское название Латинское название	Распространение	Обилие, пребывание
Бурозубка обыкновенная <i>Sorex araneus</i> L., 1758	3	3
Бурозубка средняя <i>Sorex caecutiens</i> Lachmann, 1785	3	3
Бурозубка малая <i>Sorex minutus</i> L.	2	2
Кутора обыкновенная <i>Neomys fodiens</i> Pennant, 1771	2	2
Кожанок северный <i>Eptesicus nilssonii</i> Keyserling et Blasius, 1839	2	1
Заяц - беляк <i>Lepus timidus</i> L., 1758	3	3
Летяга <i>Pteromys volans</i> L., 1758	1	+
Белка обыкновенная <i>Sciurus vulgaris</i> L., 1758	3	3
Бобр обыкновенный <i>Castor fiber</i> L., 1758	2	2
Серая крыса <i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout, 1769	3	3
Домовая мышь <i>Mus musculus</i> L., 1758	3	3
Ондатра <i>Ondatra zibethicus</i> L., 1766	2	2
Полёвка европейская рыжая <i>Myodes glareolus</i> Schreber, 1780	2	3
Полёвка красная <i>Myodes rutilus</i> Pallas, 1779	3	3
Полёвка красно-серая <i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846	3	3
Лемминг норвежский <i>Lemmus lemmus</i> L., 1758	3	2

Русское название Латинское название	Распространение	Обилие, пробывание
Лемминг лесной <i>Myopus schisticolor</i> Lilljeborg, 1844	3	2
Тёмная полёвка <i>Microtus agrestis</i> L., 1761	3	3
Полёвка экономка <i>Alexandromys oeconomus</i> Pallas, 1776	3	3
Волк <i>Canis lupus</i> L., 1758	2	2
Лисица обыкновенная <i>Vulpes vulpes</i> L., 1758	3	3
Бурый медведь <i>Ursus arctos</i> L., 1758	3	3
Горностай <i>Mustela erminea</i> L., 1758	3	3
Ласка <i>Mustela nivalis</i> L., 1766	3	2
Норка европейская <i>Mustela lutreola</i> L., 1761	1	+
Норка американская <i>Neovison vison</i> Schreber, 1777	3	3
Куница лесная <i>Martes martes</i> L., 1758	3	3
Росомаха <i>Gulo gulo</i> L., 1758	2	2
Выдра речная <i>Lutra lutra</i> L., 1758	1	2
Рысь <i>Lynx lynx</i> L., 1758	1	+
Косуля <i>Capreolus capreolus</i> L., 1758	1	+
Лось <i>Alces alces</i> L.	3	3
Северный олень <i>Rangifer tarandus</i> L., 1758	2	3

Характеристика распространения: 3 — повсеместно; 2 — спорадически; 1 — локально.

Оценка обилия, пребывания: + — заходящий; 1 — редкий; 2 — малочисленный; 3 — обычный.

Приложение 11

Список рыб плеса Бабинская Имандра в зоне влияния Кольской АЭС

Русское название Латинское название	Бабинская Имандра
Кумжа <i>Salmo trutta</i> L., 1758	•
Арктический голец <i>Salvelinus alpinus</i> L., 1758	•
Микижа* <i>Parasalmo mykiss</i> Walhaum, 1792	•
Обыкновенный сиг <i>Coregonus lavaretus</i> L., 1758	•
Европейская ряпушка <i>Coregonus albula</i> L., 1758	•
Европейский хариус <i>Thumallus thumallus</i> L., 1758	•
Европейская корюшка <i>Osmerus eperlanus</i> L., 1758	•
Обыкновенная щука <i>Esox lucius</i> L., 1758	•
Обыкновенный ерш <i>Gymnocephalus cernuus</i> L., 1758	•
Речной окунь <i>Perca fluviatilis</i> L., 1758	•
Обыкновенный налим <i>Lota lota</i> L., 1758	•
Обыкновенный карп* <i>Cyprinus carpio</i> L., 1758	•
Обыкновенный голянь <i>Phoxinus phoxinus</i> L., 1758	•
Девятииглая колюшка <i>Pungitius pungitius</i> L., 1758	•

Приложение 12

Характеристика растительности на площадках постоянного наблюдения ИПЭС КНЦ РАН

В фоновых условиях ППН расположены западнее пос. Алакургти в 128 км (Е-фон) и 137 км (С-фон) на ЮЗЗ от расположения КАЭС. Другие ППН расположены в 9 (Е-9), 11 (С-11) и 21.5 (С-21.5) километрах от КАЭС.

Фоновые условия

С-фон. Сосняк зеленомошно-лишайниково-кустарничковый. В составе древостоя присутствует береза и единично встречается ель. Средний возраст сосны 160-180 лет. Средняя высота сосны – 14.9 м, средний диаметр – 19.2 см. Подрост состоит из сосны, березы и ели. В подлеске отмечены можжевельник сибирский, ива козья и ива сухолюбивая, единично встречается рябина Городкова. Общее покрытие 90-100%. Неравномерность древостоя способствует формированию мозаичного напочвенного покрова: мохово-кустарничковые синузии сконцентрированы под пологом деревьев, на открытых участках господствуют лишайники. Напочвенный покров сложен в основном кустарничками и зелеными мхами, среди которых преобладают (*Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Calluna vulgaris*). В лишайниковом покрове доминируют *Cladonia rangiferina* и *Cladonia stellaris*. Присутствие трав незначительно, чаще встречаются *Avenella flexuosa* и *Solidago lapponica*. На елях и соснах обильны эпифитные лишайники из рода *Bryoria*. На площадке выявлены следы давнего пожара, возраст которого не установлен.

Е-фон. Ельник кустарничково-зеленомошный с примесью березы. Средний возраст ели 180-200 лет. Средняя высота ели – 12.5 м, средний диаметр – 16 см. В подросте ель, береза, присутствует сосна. Подлесок состоит из можжевельника сибирского, ивы козьей, ивы филиколистной, единично отмечена рябина Городкова. Общее покрытие 96-99.5%. В напочвенном покрове доминируют черника, брусника, зеленые мхи (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* и *Polytrichum commune*) и луговик извилистый (*Avenella flexuosa*). Кустарнички больше сконцентрированы под пологом деревьев, луговик и золотарник (*Solidago lapponica*) распространены в межкрупных пространствах. Лишайники отмечены фрагментарно, в основном это *Cladonia rangiferina*, *Cladonia stellaris*, *Cetraria islandica* и *Peltigera aphthosa*.

Зона воздействия

ППН С-21.5. Сосняк кустарничково-лишайниковый. В составе древостоя присутствует береза и единично встречается ель. Средний возраст сосны 80-120 лет. Средняя высота сосны – 9.9 м, средний диаметр – 11.5 см. Степень дефолиации 20%.

Подрост состоит из сосны, березы и ели. В подлеске осина, ива козья и единично рябина Городкова. Общее покрытие растительностью 85-95%. Напочвенный покров сложен в основном кустарничками, среди которых преобладают *Vaccinium myrtillus*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, единично *Vaccinium uliginosum*. Среди травянистых растений доминирует *Melampyrum pratense*, встречаются *Avenella flexuosa*, *Diphasiastrum complanatum*, редко *Chamaenerion angustifolium*. В мохово-лишайниковом покрове доминируют лишайники *Cladonia stellaris*, *Cladonia deformis*, *Cladonia arbuscula* и *Cetraria islandica*. Мхи незначительны, большую часть составляют *Pleurozium schreberi* и *Hilocomium splendens*, встречается *Polytrichum juniperinum*. На площадке выявлены следы давнего пожара.

ППН С-11. Сосняк кустарничково-лишайниковый. В составе древостоя сосна. Средняя высота сосны – 8.5 м, средний диаметр – 10.3 см. Средний возраст сосны 80-120 лет. В подросте – сосна, единично ель. Общее покрытие 100%. Напочвенный покров в основном сложен лишайниками и кустарничками: *Cladonia stellaris*, *Cladonia arbuscula*, *Cladonia rangiferina*, *Flavocetraria nivalis*, встречается *Cladonia deformis*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Empetrum hermaphroditum*, реже *Vaccinium myrtillus*. Из мхов отмечены *Pleurozium schreberi*, реже виды рода *Dicranum*. Лес пройден рубкой. Обильны кучи гниющих порубочных остатков.

ППН Е-9. Ельник кустарничково-зеленомошный. В составе древостоя присутствует береза и единично встречается сосна. Средний возраст ели 180-200 лет. Средняя высота ели – 11.5 м, средний диаметр – 16.5 см. В подросте – ель, сосна, береза. Подлесок состоит из ивы филиколистной, можжевельника сибирского и рябины Городкова. Общее покрытие 90-100%. Напочвенный покров в основном сложен кустарничками *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus* и *Empetrum hermaphroditum*, реже отмечаются *Ledum palustre* и *Vaccinium uliginosum*. Из травянистых растений доминирует *Avenella flexuosa*. В мохово-лишайниковом ярусе доминируют *Pleurozium schreberi* и *Hilocomium splendens*, встречается *Polytrichum commune*, среди лишайников чаще всего фиксируются *Cladonia arbuscula*, *Cladonia stellaris*, *Cladonia rangiferina*.

Сведения об авторах

Боровичев Евгений Александрович – кандидат биологических наук, заместитель директора ИППЭС КНЦ РАН по научной работе, ведущий научный сотрудник Лаборатории наземных экосистем; руководитель Лаборатории устойчивого развития ПОРА. E-mail: ea_borovichev@mail.ru

Валькова Светлана Александровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Лаборатории водных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail:

Вандыш Оксана Ивановна – кандидат биологических наук, ученый секретарь Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: o.vandysh@ksc.ru

Гилязов Алекс Сабирович – старший научный сотрудник Лапландского государственного природного биосферного заповедника. E-mail: alex@laplandzap.ru

Даувальтер Владимир Андреевич – доктор географических наук, главный научный сотрудник Лаборатории водных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: vladimir.dauvalter@mail.ru

Денисов Дмитрий Борисович – кандидат биологических наук, заведующий Лабораторией водных экосистем, ведущий научный сотрудник Лаборатории водных экосистем. E-mail: proffessuir@gmail.com

Другова Татьяна Петровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Лаборатории флоры и растительных ресурсов Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН. E-mail: darktanya@mail.ru

Елизарова Ирина Рудольфовна – кандидат технических наук, заведующая ЦКП Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: elizarir@yandex.ru

Ершов Вячеслав Вячеславович – младший научный сотрудник Лаборатории наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: slavo91@gmail.com

Зенкова Ирина Викторовна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: zenkova.home@yandex.ru

Исаева Людмила Георгиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая Лабораторией наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: laplandia91@mail.ru

Катаев Геннадий Данилович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Лапландского государственного природного биосферного заповедника. E-mail: kataev105@yandex.ru

Ключникова Елена Михайловна – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Лаборатории экологии промышленного производства Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: e.klyuchnikova@gmail.com

Кожин Михаил Николаевич – кандидат биологических наук, доцент МГУ им. М. В. Ломоносова; старший научный сотрудник Лаборатории флоры и растительных ресурсов Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН. E-mail: mnk_umba@mail.ru

Корнейкова Мария Владимировна – кандидат биологических наук, заместитель директора АТИ РУДН по научной работе, старший научный сотрудник Лаборатории экологии микроорганизмов Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: korneykova.maria@mail.ru

Королёва Ирина Михайловна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Лаборатории водных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: koroleva@iner.ksc.ru

Королева Наталья Евгеньевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории флоры и растительных ресурсов Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН. E-mail: flora012011@yandex.ru

Кудрявцева Любовь Павловна – кандидат географических наук, научный сотрудник. E-mail: l.kudryavceva@ksc.ru

Кузнецов Николай Матвеевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Центра физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН,

Макаров Дмитрий Викторович – доктор технических наук, доцент, директор Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, заведующий Лабораторией экологии промышленного производства. E-mail: mdv_2008@mail.ru

Маслобоев Владимир Алексеевич – доктор технических наук, советник председателя ФИЦ КНЦ РАН, научный руководитель Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: masloboev@mail.ru

Петрова Ольга Викторовна – ведущий инженер Лаборатории водных экосистем, Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: olechka.v.petrova@gmail.com

Разумовская Анна Владимировна – научный сотрудник Лаборатории водных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: anna-lynx@mail.ru

Редькина Вера Вячеславовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории экологии микроорганизмов Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: kalmukova_v_v@mail.ru

Сандимиров Сергей Степанович – кандидат географических наук, старший научный сотрудник Лаборатории водных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: s.sandimirov@ksc.ru

Сошина Анастасия Сергеевна – старший лаборант Лаборатории экологии микроорганизмов Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: anastasiya.soshina97@yandex.ru

Сухарева Татьяна Алексеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: s.tat.a@mail.ru

Терентьев Петр Михайлович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории водных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: pterentjev@mail.ru

Урбанавичюс Геннадий Пранасович – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: g.urban@mail.ru

Фокина Надежда Викторовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Лаборатории экологии микроорганизмов Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: nadezdavf@yandex.ru

Химич Юлия Ростиславовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Лаборатории наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН. E-mail: ukhim@inbox.ru

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Проблемы ядерной энергетики. Кольская АЭС в энергосистеме и экономике Мурманской области	7
1.1. Проблемы ядерной энергетики (<i>В. А. Маслобоев</i>)	7
1.2. Кольская АЭС и ее значение в энергосистеме Мурманской области (<i>Н. М. Кузнецов, Е. М. Ключникова</i>)	17
1.3. Характеристика района эксплуатации КАЭС в контексте социально-экономической ситуации в Мурманской области (<i>Е. М. Ключникова</i>) ..	21
Глава 2. Физико-географический очерк (<i>Н. Е. Королева, Е. А. Боровичев</i>)	25
Глава 3. Растительный мир	29
3.1. Растительность и флора флора (<i>М. Н. Кожин, Е. А. Боровичев, Т. П. Другова, Г. П. Урбанавичюс, Ю. Р. Химич, А. В. Разумовская</i>)	29
3.2. Охраняемые виды и места их концентрации (<i>Е. А. Боровичев, М. Н. Кожин, Н. Е. Королева, Г. П. Урбанавичюс, Ю. Р. Химич, А. В. Разумовская, О. В. Петрова</i>)	48
Глава 4. Животный мир	58
4.1. Земноводные и пресмыкающиеся (<i>Г. Д. Катаев</i>)	58
4.2. Птицы (<i>А. С. Гилязов</i>)	59
4.3. Млекопитающие (<i>Г. Д. Катаев</i>)	65
Глава 5. Экологическая оценка состояния воздушного бассейна	70
5.1. Оценка загрязнения атмосферного воздуха (<i>В. А. Маслобоев</i>)	70
5.2. Оценка влияния радионуклидов на атмосферу (<i>В. А. Маслобоев</i>)	70
5.3. Микробиологический состав воздуха (<i>М. В. Корнейкова, Н. В. Фокина, А. С. Сошина</i>)	73
5.4. Мониторинг загрязнения атмосферных выпадений (<i>В. В. Ершов</i>)	79
Глава 6. Экологическая оценка почв и почвенной биоты	93
6.1. Условия почвообразования и почвенный покров (<i>Т. А. Сухарева</i>)	93
6.2. Устойчивость почв к аэротехногенному загрязнению (<i>Т. А. Сухарева</i>) ..	98
6.3. Биогенность почв и микробиологическая характеристика (<i>М. В. Корнейкова, В. В. Редькина, А. С. Сошина</i>)	104
6.4. Зоологическая характеристика лесной подстилки (<i>И. В. Зенкова</i>)	117
Глава 7. Анализ состояния наземных экосистем	124
7.1. Общая характеристика лесов (<i>Л. Г. Исаева</i>)	124
7.2. Состояние лесных экосистем и влияние Кольской АЭС (<i>Л. Г. Исаева</i>) ..	127
7.3. Анализ загрязнения растительного покрова (<i>Т. А. Сухарева</i>)	131
7.4. Воздействие загрязнения на лишайники (<i>Г. П. Урбанавичюс</i>)	139
7.5. Воздействие загрязнения на грибы (<i>Л. Г. Исаева</i>)	143

Глава 8. Землепользование (<i>Л. Г. Исаева</i>)	148
Глава 9. Анализ состояния водных экосистем	153
9.1. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод (<i>С. С. Сандимиров, Л. П. Кудрявцева</i>).....	154
9.2. Геоэкологическая характеристика донных отложений (<i>В. А. Даувальтер</i>)	161
9.3. Высшая водная растительность в зоне влияния подогретых вод (<i>А. В. Разумовская, И. Р. Елизарова</i>).....	167
9.4. Альгоценозы и беспозвоночные (<i>Д. Б. Денисов, О. И. Вандыш, С. А. Валькова</i>).....	172
9.5. Ихтиофауна (<i>П. М. Терентьев, И. М. Королева</i>)	182
9.6. Санитарно-микробиологическая характеристика водозабора питьевой воды (<i>М. В. Корнейкова, Н. В. Фокина, А. С. Сошина</i>).....	191
Глава 10. Рекомендации по проведению экологического мониторинга (<i>Е. А. Боровичев, Т. А. Сухарева, Д. Б. Денисов, Л. Г. Исаева, Д. В. Макаров</i>).....	194
Заключение	200
Литература	203
Приложение 1 Типология биотопов (местообитаний, habitats) в 15-км зоне вокруг Кольской АЭС (<i>Н. Е. Королёва</i>)	221
Приложение 2 Список лишайников окрестностей Кольской АЭС (<i>Г. П. Урбанавичюс</i>).....	233
Приложение 3 Список афиллофороидных грибов окрестностей Кольской АЭС (<i>Ю. Р. Химич</i>).....	243
Приложение 4 Сроки появления съедобных грибов в 30-км зоне Кольской АЭС (по данным 37 лет наблюдений в Лапландском заповеднике) (<i>Л. Г. Исаева</i>).....	252
Приложение 5 Список мхов окрестностей Кольской АЭС (<i>Т. П. Другова</i>)....	254
Приложение 6 Список печеночников окрестностей Кольской АЭС (<i>Е. А. Боровичев</i>).....	262
Приложение 7 Список сосудистых растений окрестностей Кольской АЭС (<i>М. Н. Кожин</i>).....	267
Приложение 8 Перечень дендроинтродуцентов, отмеченных в городе Полярные зори в 2020 году (<i>М. Н. Кожин</i>)	292
Приложение 9 Список птиц в 30-км зоне Кольской АЭС в 2011-2019 гг. (<i>А. С. Гилязов</i>).....	294
Приложение 10 Список млекопитающих в 30-км зоне Кольской АЭС (<i>Г. Д. Катаев</i>).....	301
Приложение 11 Список рыб плеса Бабинская Имандра в зоне влияния Кольской АЭС (<i>П. М. Терентьев, И. М. Королева</i>).....	303
Приложение 12 Характеристика растительности на площадках постоянного наблюдения ИППЭС КНЦ РАН (<i>Л. Г. Исаева</i>).....	304

Научное издание

В. А. Маслобоев, Е. А. Боровичев, С. А. Валькова, О. И. Вандыш, А. С. Гилязов, В. А. Даувальтер, Д. Б. Денисов, Т. П. Другова, И. Р. Елизарова, В. В. Ершов, В. Зенкова И., Л. Г. Исаева, Г. Д. Катаев, Е. М. Ключникова, М. Н. Кожин, М. В. Корнейкова, И. М. Королева, Н. Е. Королева, Л. П. Кудрявцева, Н. М. Кузнецов, Д. В. Макаров, О. В. Петрова, А. В. Разумовская, В. В. Редькина, С. С. Сандимиров, А. С. Сошина, Т. А. Сухарева, П. М. Терентьев, Г. П. Урбанавичюс, Н. В. Фокина, Ю. Р. Химич

Современное состояние экосистем в районе Кольской АЭС (Мурманская область)

Технический редактор М. Н. Кожин
Подписано в печать 22.10.2020. Формат бумаги 70×100 1/16.
Усл. печ. л. 25.35. Тираж 400 экз.



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ СЕВЕРА
ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ФГБУН
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
РОССИЯ, 184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, 14а

ISBN 978-5-91137-429-7



9 785911 137429 7

