

**Акционерное общество «Российский концерн по производству
электрической и тепловой энергии на атомных станциях»
(АО «Концерн Росэнергоатом»)**

**Филиал АО «Концерн Росэнергоатом»
«Кольская атомная станция» (Кольская АЭС)**

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора
АО «Концерн Росэнергоатом» - директор
Филиала АО «Концерн Росэнергоатом»
«Кольская атомная станция»

_____ В.В. Омельчук
« ____ » _____ 2020

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА
«КОМПЛЕКС ПЕРЕРАБОТКИ ЖРО С ХОРО
КОЛЬСКОЙ АЭС»**

Заместитель главного инженера
по безопасности и надежности

А.В. Головаха

2020

Лист согласования сторонними организациями

СОГЛАСОВАНО

Главный инженер

АО «АТОМПРОЕКТ»

_____ А.В. Молчанов

« ____ » _____ 2020 г.

Директор ИППЭС ФИЦ КНЦ РАН

д.т.н., профессор

_____ Д.В. Макаров

« ____ » _____ 2020 г.

Лист согласования Кольской АЭС

Начальник ЦОРО

_____ С.Р. Аvezниязов

Начальник ОРБ

_____ П.И. Никишаев

Начальник ОЯБиН

_____ К.В. Руденко

Начальник ОИТП

_____ А.С. Петровский

И.о. начальника ЮО

_____ Н.В. Гуль

Начальник УИОС

_____ В.Ю. Нигоренко

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	7
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЮРИДИЧЕСКОМ ЛИЦЕ, ПЛАНИРУЮЩЕМ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ЛИЦЕНЗИРУЕМЫЙ ВИД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ.....	9
2. СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВНОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СОПРЯЖЕННОЙ С ОСУЩЕСТВЛЕНИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ.....	10
3. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ПО ОБОСНОВЫВАЮЩЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ...	14
4. ЦЕЛЬ И ПОТРЕБНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	16
5. ОПИСАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ВКЛЮЧАЯ ПРЕДЛАГАЕМЫЙ И «НУЛЕВОЙ ВАРИАНТ» (ОТКАЗ ОТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ).....	18
5.1 «Нулевой вариант» (отказ от деятельности).....	18
5.2 Выбор альтернативного варианта для сравнения.....	18
5.3 Сравнительный анализ стоимости захоронения радиоактивных отходов при использовании различных технологий переработки ЖРО	20
6. ОПИСАНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, КОТОРАЯ МОЖЕТ БЫТЬ ЗАТРОНУТА НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ.....	22
6.1 Общая характеристика площадки размещения Кольской АЭС.....	22
6.2 Характеристика приземного слоя атмосферы.....	28
6.2.1 Климатические и метеорологические условия.....	28
6.2.2 Состояние воздушного бассейна.....	35
6.2.2.1 Аэроклиматические факторы, влияющие на рассеивание примесей в атмосфере	35
6.2.2.2 Оценка климатического потенциала загрязнения атмосферы.....	37
6.2.2.3 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха.....	39
6.2.2.4 Атмосферные осадки и снежный покров.....	41
6.2.2.5 Микробиологический состав воздуха... ..	53
6.3. Характеристика наземных экосистем.....	59
6.3.1 Рельеф и геоморфология.....	59
6.3.2 Геологическое строение.....	60
6.3.3 Гидрогеологические и сейсмотектонические условия.....	64
6.3.4 Почвенный покров.....	73
6.3.5 Биоценотическая характеристика региона.....	86
6.3.5.1 Растительные сообщества и их биоразнообразие.....	86
6.3.5.2 Охраняемые виды и места их концентрации.....	96
6.3.5.3 Оценка влияния Кольской АЭС на состояние лесных экосистем.....	98
6.3.6 Животный мир.....	100
6.4. Характеристика водных экосистем.....	102
6.4.1 Описание гидрографической сети региона.....	102
6.4.2 Физико-химические показатели качества поверхностных вод в районе размещения Кольской АЭС.....	104
6.4.3 Донные отложения.....	110
6.4.4 Биотические характеристики водных экосистем.....	113
6.4.5 Ихтиологическая характеристика Имандровского водохранилища.....	117
6.4.6 Санитарно-эпидемиологическая оценка качества питьевой воды.....	123
6.5 Социально-экономическая характеристика региона и района размещения Кольской АЭС.....	128
6.5.1 Общая экономико-географическая характеристика.....	128

6.5.2	Промышленность и транспорт	129
6.5.3	Особо-охраняемые природные территории	130
6.5.4	Медико-демографическая характеристика региона.....	131
6.5.5	Оценка здоровья населения.....	132
6.6	Хозяйственное использование территории в районе размещения Кольской АЭС..	135
6.6.1	Общие сведения.....	135
6.6.2	Структура и описание земель по видам землепользования.....	136
6.6.3	Полигон хранения и захоронения отходов.....	141
6.7.	Радиационная обстановка в районе размещения Кольской АЭС.....	143
6.7.1	Организация радиационного контроля окружающей среды.....	143
6.7.2	Газоаэрозольные выбросы радионуклидов в атмосферный воздух.....	145
6.7.3	Жидкие сбросы радионуклидов в водные объекты	150
6.7.4	Радиационный фон на местности.....	153
6.7.5	Содержание радионуклидов в атмосферном воздухе.....	154
6.7.6	Содержание радионуклидов в атмосферных выпадениях	155
6.7.7	Содержание радионуклидов в воде открытых водоемов	156
6.7.8	Содержание радионуклидов в почве.....	157
6.7.9	Содержание радионуклидов в донных отложениях.....	157
6.7.10	Содержание радионуклидов в пищевых продуктах.....	158
6.7.11	Оценка дозовых нагрузок на население при эксплуатации Кольской АЭС.....	159
7.	ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	161
7.1	Оценка радиационного воздействия выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду при эксплуатации КПЖРО	161
7.2	Оценка нерадиационных параметров воздействия Кольской АЭС на окружающую среду.....	162
7.2.1	Оценка воздействия выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.....	162
7.2.2	Оценка воздействия сбросов загрязняющих веществ Кольской АЭС	166
7.3.	Прогноз миграции радионуклидов в поверхностных водах	167
7.3.1	Воздействие Кольской АЭС на поверхностные воды в режиме нормальной эксплуатации Кольской АЭС.....	167
7.3.2	Прогноз миграции радионуклидов в Имандровское водохранилище при кратковременных аварийных сбросах Кольской АЭС.....	170
7.3.3	Прогноз радиационного загрязнения Имандровского водохранилища в результате осаждения кратковременных аварийных выбросов.....	180
7.4	Прогнозируемая оценка дозовых нагрузок на население и окружающую среду при эксплуатации КПЖРО	184
7.5	Шумовое и электромагнитное воздействие	184
7.6	Оценка воздействия на окружающую среду РАО и отходов производства и потребления.....	186
7.6.1	Воздействие на окружающую среду обращения с РАО.....	186
7.6.1.1	Основные источники образования радиоактивных отходов.....	186
7.6.1.2	Системы обращения с жидкими радиоактивными отходами	190
7.6.1.3	Системы обращения с твердыми радиоактивными отходами	192
7.6.1.4	Системы обращения с газообразными радиоактивными отходами.....	193
7.6.1.5	Способы и методы переработки РАО.....	194

7.6.2 Воздействие на окружающую среду отходов производства и потребления.....	196
7.7 Описание возможных аварийных внештатных ситуаций на КПЖРО.....	207
7.8 Описание возможных аварийных внештатных ситуаций на ХОРО	214
7.9 Анализ безопасности системы обращения с кондиционированными РАО.....	216
7.9.1 Проектное землетрясение.....	216
7.9.2 Полное прекращение электроснабжения.....	216
7.9.3 Пожар.....	217
7.9.4 Аварийное падение транспортных упаковок с КРАО при проведении с ними подъемно-транспортных операций.....	217
7.10 Меры по предупреждению аварий, обеспечению готовности и ликвидации аварий. Противоаварийные мероприятия.....	219
7.11. Проведение профилактических противопожарных мероприятий и подготовка к безаварийной работе производства.....	222
7.12. Проводимые мероприятия при возникновении крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий (чрезвычайный режим).....	223
8 МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И/ИЛИ СНИЖЕНИЮ ВОЗМОЖНОГО НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	225
9. ВЫЯВЛЕННЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	232
10. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММ МОНИТОРИНГА И ПОСЛЕПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА.....	233
11. РЕЗЮМЕ НЕТЕХНИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА.....	234
 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	 239
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	246

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А Схема систем водопотребления и водоотведения Кольской АЭС..

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Данные об отходах производства и потребления, образующихся на Кольской АЭС (по состоянию на 2020 год)

ПРИЛОЖЕНИЕ В Сведения о средствах контроля и измерений, планируемых к использованию для контроля соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении лицензируемого вида деятельности в области использования атомной энергии

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Перечень документов, регламентирующих природоохранную деятельность Кольской АЭС

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Данные контроля за состоянием атмосферного воздуха

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Сведения об учете объема забора водных ресурсов

АННОТАЦИЯ

Настоящие материалы оценки воздействия на окружающую среду деятельности по эксплуатации комплекса переработки ЖРО с хранилищем отвержденных радиоактивных отходов Кольской АЭС разработаны акционерным обществом «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (далее – АО «Концерн Росэнергоатом»).

АО «Концерн Росэнергоатом» - эксплуатирующая организация действующих, строящихся, проектируемых и законсервированных АЭС, находится в ведомственном подчинении Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее – ГК «Росатом»). В соответствии с законодательством Российской Федерации в области использования атомной энергии АО «Концерн Росэнергоатом», как эксплуатирующая организация, несет всю полноту ответственности за обеспечение ядерной, радиационной, технической, пожарной и экологической безопасности на всех этапах жизненного цикла АЭС, включая меры по ликвидации аварийных ситуаций.

Основной профиль хозяйственной деятельности АО «Концерн Росэнергоатом» – производство электрической и тепловой энергии на атомных станциях, входящих в состав концерна.

В соответствии с федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года», одной из главных задач комплексного обеспечения ядерной и радиационной безопасности в Российской Федерации, стоящих перед ГК «Росатом», является максимальное снижение и завершение исполнения государственных обязательств, связанных с последствиями прошлой деятельности предприятий атомной отрасли, перевод объектов ядерного наследия в ядерно и радиационно безопасное состояние.

Основным путем в решении этой задачи является создание новых и сохранение уже введенных в эксплуатацию объектов инфраструктуры по обращению с ОЯТ и РАО, включая мощности по переработке всех видов накопленного ОЯТ и РАО.

Комплекс по переработке жидких радиоактивных отходов с хранилищем отвержденных радиоактивных отходов Кольской АЭС (далее - КПЖРО) – уникальный полномасштабный комплекс по переработке ЖРО методом ионоселективной очистки. Промышленная эксплуатация КПЖРО осуществляется на основании лицензии от 25.03.2011 № ГН-03-205-2500, выданной Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору. Срок действия лицензии – 25.03.2021.

В соответствии с требованиями Федерального законодательства и иных нормативно-правовых актов, при получении новой лицензии на эксплуатацию объекта материалы обоснования лицензии в области использования атомной энергии должны пройти государственную экологическую экспертизу.

Состав материалов оценки воздействия на окружающую среду деятельности по эксплуатации комплекса переработки ЖРО с хранилищем отвержденных радиоактивных отходов Кольской АЭС отвечает требованиям «Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации», утвержденного Приказом Госкомэкологии РФ от 16.05.2000 №372, Методических указаний «Разработка материалов оценки воздействия на окружающую среду в составе проектной и иной документации на осуществление видов деятельности в

области использования атомной энергии», утвержденных Приказом ОАО «Концерн Росэнергоатом» (№9/632-П от 06.07.2012) и Методическим рекомендациям по подготовке представляемых на государственную экологическую экспертизу материалов обоснования лицензии на осуществление деятельности в области использования атомной энергии, утвержденных приказом Ростехнадзора от 10.10.2007 № 688.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЮРИДИЧЕСКОМ ЛИЦЕ, ПЛАНИРУЮЩЕМ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ЛИЦЕНЗИРУЕМЫЙ ВИД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

<p>Наименование юридического лица</p> <p>Юридический адрес Почтовый адрес Регион (субъект Федерации) Телефон Факс E-mail</p> <p>Свидетельство о государственной регистрации, с указанием органа, выдавшего свидетельство</p> <p>Свидетельство о постановке на учет в налоговом органе</p> <p>ИНН КПП ОГРН Расчетный счет: Корреспондентский счет:</p> <p>Руководитель</p> <p>Ответственный за природоохранную деятельность</p> <p>Руководитель филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция»</p> <p>Ответственный за природоохранную деятельность филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция»</p>	<p>Акционерное общество «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (АО «Концерн Росэнергоатом»)</p> <p>109507, г. Москва, ул. Ферганская, д.25 109507, г. Москва, ул. Ферганская, д.25 г. Москва 8(495) 647-41-89 8(495) 647-46-03 info@rosenergoatom.ru</p> <p>Серия 77 № 010416448 от 17.09.2008 г. Выдано Межрайонной инспекцией Федеральной налоговой службы № 46 по г. Москве</p> <p>Серия 77 № 013122693 от 17.09.2008г.</p> <p>7721632827 772101001 5087746119951 40702810092000000132 Банк ГПБ (АО) 30101810200000000823</p> <p>Генеральный директор АО «Концерн Росэнергоатом» Петров Андрей Ювенальевич</p> <p>Главный технолог Департамента противоаварийной готовности и радиационной защиты Печкуров Андрей Владимирович</p> <p>Заместитель Генерального директора – директор филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» Омельчук Василий Васильевич</p> <p>Начальник ОРБ Никишаев Павел Иванович</p>
---	--

2. СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВНОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СОПРЯЖЕННОЙ С ОСУЩЕСТВЛЕНИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Акционерное общество «Концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (АО «Концерн Росэнергоатом») создано в результате преобразования федерального государственного унитарного предприятия «Российский государственный концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (концерн «Росэнергоатом») в соответствии с Федеральным законом от 21 декабря 2001 г. №178-ФЗ «О приватизации государственного и муниципального имущества», Федеральным законом от 26 декабря 1995 г. №208-ФЗ «Об акционерных обществах» (далее — Федеральный закон «Об акционерных обществах»), Федеральным законом от 05 февраля 2007 г. №13 -ФЗ «Об особенностях управления и распоряжения имуществом и акциями организаций, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», Указом Президента Российской Федерации от 27 апреля 2007 г. №556 «О реструктуризации атомного энергопромышленного комплекса Российской Федерации», постановлением Правительства Российской Федерации от 26 мая 2007 г. №319 «О мерах по созданию открытого акционерного общества «Атомный энергопромышленный комплекс» и является его правопреемником.

АО «Концерн Росэнергоатом» является эксплуатирующей организацией в соответствии с законодательством Российской Федерации в области использования атомной энергии и несет всю полноту ответственности за обеспечение ядерной, радиационной, технической, пожарной и экологической безопасности на всех этапах жизненного цикла АЭС, включая меры по ликвидации аварийных ситуаций.

Основная цель деятельности АО «Концерн Росэнергоатом» – обеспечение безопасного и экономически эффективного производства электрической энергии и мощности, тепловой энергии и получение прибыли за счет осуществления их купли-продажи (поставки), а также за счет осуществления видов деятельности, указанных в Уставе АО «Концерн Росэнергоатом» (ред. от 08.08.2019), и иных, не запрещенных федеральными законами.

В состав АО «Концерн Росэнергоатом» входят 11 действующих атомных станций, включая плавучую атомную теплоэлектростанцию (ПАТЭС), которые наделены статусом филиалов.

В своей деятельности эксплуатирующая организация руководствуется:

- законодательством Российской Федерации;
- указами президента Российской Федерации;
- постановлениями и решениями правительства России;
- приказами и указаниями Федерального агентства по атомной энергии (Росатома);
- Федеральной целевой программой «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2012 - 2020 годы»;
- Федеральной целевой программой «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года»

- приказами и указаниями других министерств и ведомств, распространяющимися на объекты и сферы деятельности эксплуатирующей организации;
- федеральными нормами и правилами;
- отраслевыми нормативными документами;
- уставом эксплуатирующей организации.

Основная деятельность концерна осуществляется на основании Федерального закона РФ «Об использовании атомной энергии» от 21.11.95 № 170-ФЗ.

В соответствии с НП-001-15, для осуществления деятельности в области атомной энергии АО «Концерн Росэнергоатом» имеет разрешения (лицензии), выданные органами государственного регулирования безопасности, на право ведения работ в области использования атомной энергии. Концерн имеет лицензии Ростехнадзора на сооружение, эксплуатацию, проектирование и конструирование атомных станций (блоков атомных станций), полученные в соответствии с «Положением о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии».

Организационная деятельность эксплуатирующей организации на каждом из этапов жизненного цикла АЭС по получению лицензий государственных надзорных органов на площадку для строительства, сооружение и эксплуатацию АЭС заключается в выполнении процедур в соответствии с «Требованиями к составу комплекта документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности ядерной установки, радиационного источника, пункта хранения и/или заявленной деятельности» (Административный регламент предоставления Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной услуги по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии).

Виды деятельности эксплуатирующей организации определены Уставом АО «Концерн Росэнергоатом» [1]

Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» (далее – Кольская АЭС) является обособленным подразделением АО «Концерн Росэнергоатом».

Кольская АЭС расположена в юго-западной части Мурманской области, на территории подведомственной Муниципальному образованию город Полярные Зори.

Основной профиль деятельности Кольской АЭС – производство электрической энергии и тепловой энергии (мощности) при безусловном обеспечении безопасной, надежной, безаварийной и экономически эффективной работы энергоблоков, оборудования, сооружений, передаточных устройств и систем управления.

Кольская АЭС не является самостоятельным юридическим лицом, наделяется АО «Концерн Росэнергоатом» имуществом и действует на основании «Положения о филиале АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция».

Основные технологические процессы

Основными технологическими процессами являются:

- эксплуатация энергетических блоков атомной станции;
- производство электрической энергии, производство тепловой энергии, передача электрической энергии, передача тепловой энергии, распределение электроэнергии, распределение пара и горячей воды (тепловой энергии);

- поставка электрической энергии (мощности) по договорам, заключенным АО «Концерн Росэнергоатом».

На Кольской АЭС в работе находится 4 энергоблока с реакторами типа ВВЭР-440. Они предназначены для выработки электроэнергии и тепла. Источником тепловой энергии служит водо-водяной реактор тепловой мощностью 1375 МВт, работающий на тепловых нейтронах. В качестве замедлителя и теплоносителя в реакторе используется раствор борной кислоты с водой под давлением 12,36 МПа. Топливом служит слабо обогащенный уран. Установленная электрическая мощность Кольской АЭС составляет 1760 МВт. Технологическая схема энергоблока - двухконтурная. Первый контур - радиоактивный, состоит из реактора и шести циркуляционных петель. Каждая циркуляционная петля включает в себя главный циркуляционный насос, парогенератор, две главные запорные задвижки и циркуляционные трубопроводы. Второй контур - нерадиоактивный, включает в себя паропроизводительную часть парогенераторов, турбоагрегаты, трубопроводы и вспомогательное оборудование. При работе реактора теплоноситель нагревается в активной зоне реактора и поступает в парогенераторы, где отдает тепло воде второго контура. Образующийся в парогенераторах пар поступает на турбины. Для охлаждения конденсаторов турбин используется система циркуляционного водоснабжения из естественного источника, Имандровского водохранилища.

Применяемое оборудование, его производственная мощность

Энергоблоки Кольской АЭС разделены на две очереди (по два энергоблока на каждой очереди). В состав первой очереди входят энергоблоки № 1 и № 2. Энергоблок № 1 состоит из реактора В-230, двух турбоустановок марки К-220-44 и К-220-44-1М и двух турбогенераторов марки ТВВ-220-2АУЗ и ТВВ- 220-2А. Энергоблок № 2 состоит из реактора В-230, двух турбоустановок марки К-220-44-1М и К-220-44 и двух турбогенераторов марки ТВВ-220-2А. В состав второй очереди входят энергоблоки № 3 и № 4. Каждый из них состоит из реактора В-213, двух турбоустановок марки К-220-44-3 и двух турбогенераторов марки ТВВ-220-2АУЗ. Установленная электрическая мощность Кольской АЭС составляет 1760 МВт, установленная тепловая мощность реакторных установок составляет 5500 МВт.

Комплекс переработки жидких радиоактивных отходов спроектирован общим для энергоблоков №№1-4, расположен на территории промплощадки Кольской АЭС и максимально приближен к хранилищу ЖРО I очереди. Транспортировка ЖРО на переработку от хранилища II очереди АЭС осуществляется по специальному проходному трубопроводному тоннелю.

В состав КПЖРО входят:

- здание КПЖРО с надстройкой над объединенным вспомогательным спецкорпусом I очереди АЭС (ОСК-1);
- надстройка над объединенным вспомогательным спецкорпусом II очереди АЭС (ОСК-2);
- здание ХОРО.

К основным системам КПЖРО относятся:

- система изъятия жидких радиоактивных отходов А1;
- система изъятия жидких радиоактивных отходов спецкорпуса II очереди А4;
- система концентрирования А2;

- система очистки ЖРО от радионуклидов А5;
- система цементирования А3.

Для нормального функционирования вышеперечисленных систем в состав КПЖРО входят также следующие вспомогательные системы:

- системы обеспечения технологическими средами (греющий пар, сбор конденсата, техническая вода, сжатый воздух, вода собственных нужд, химреагенты и дезактивирующие растворы);
- системы спецгазоочистки КПЖРО и надстройки над спецкорпусом II очереди;
- системы вентиляции;
- системы спецканализации здания КПЖРО и надстройки над спецкорпусом второй очереди.

Производительность и режим работы систем изъятия ЖРО А1 при операциях растворения кристаллических отложений солей в баках кубового остатка, очистки от радионуклидов А5 и концентрирования А2 определены в проекте КПЖРО исходя из условия переработки ежегодно поступающих ЖРО от работающих блоков АЭС и переработки части ЖРО, накопленных в баках хранилищ I и II очередей.

Проектными решениями систем очистки ЖРО от радионуклидов и концентрирования количество перерабатываемых ЖРО (кубового остатка) должно составлять 3600 м³/год, эффективное время работы установок 7200 часов в год. Исходя из этого, требуемая часовая производительность установок должна составлять не менее 0,5 м³/ч при круглосуточной работе, что должно обеспечивать возможность переработки объемов вновь поступающих кубовых остатков от работающих блоков АЭС и извлекаемых из баков хранилищ.

Проектные критерии, параметры и характеристики, проектные пределы и условия безопасной эксплуатации КПЖРО, применяемое оборудование и его производственная мощность установлены в документах [2-5].

3. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА ПО ОБОСНОВЫВАЮЩЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Основанием для сооружения КПЖРО с ХОРО Кольской АЭС являются следующие решения органов государственной власти и местного самоуправления:

- Протокол Государственной корпорации по атомной энергии №33 утверждения проекта: «Модернизация систем обращения с жидкими радиоактивными отходами Кольской АЭС»;

- Постановление Губернатора Мурманской области №317-ПЗ от 02.08.1999 «О сооружении комплекса по переработке жидких радиоактивных отходов с хранилищем отвержденных радиоактивных отходов Кольской АЭС»;

- Постановление Администрации г. Полярные Зори Мурманской области №357 от 03.09.1998 о сооружении «Комплекса по переработке жидких радиоактивных отходов»;

- Решение Полярноринской Городской Думы №135 от 16.09.1998 о строительстве зданий комплекса по переработке жидких радиоактивных отходов.

Положительное заключение государственной экологической экспертизы материалов обоснования намечаемой деятельности по сооружению КПЖРО с ХОРО, утверждено в 2007 году.

Промышленная эксплуатация КПЖРО осуществляется с 2006 года на основании лицензий на эксплуатацию радиационного источника - № ГН-03-205-1543 от 26.03.2006 и №ГН-03-205-2500 от 25.03.2011, выданных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, в соответствии с действующими в РФ законами, нормами, правилами и другими стандартами. Срок действия действующей лицензии – 25.03.2021. Проектный срок службы КПЖРО - 30 лет.

В рамках реализации федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016-2020 годы и на период до 2030 года», одной из главных задач комплексного обеспечения ядерной и радиационной безопасности в Российской Федерации, стоящих перед ГК «Росатом», является максимальное снижение и завершение исполнения государственных обязательств, связанных с последствиями прошлой деятельности предприятий атомной отрасли, перевод объектов ядерного наследия в ядерно и радиационно безопасное состояние. Основным путем в решении этой задачи является создание новых и сохранение уже введенных в эксплуатацию объектов инфраструктуры по обращению с РАО, включая мощности по переработке всех видов накопленных и образующихся РАО.

Оценка воздействия на окружающую среду эксплуатации комплекса переработки жидких радиоактивных отходов с хранилищем отвержденных радиоактивных отходов Кольской АЭС проводится на основании и в соответствии со следующими законами и нормативными документами:

- Федеральный закон от 10.01.2002 года №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;
- Федеральный закон от 23.11.1995 года №174-ФЗ «Об экологической экспертизе»;
- Федеральный закон РФ от 25.11.95 №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»;
- Федеральный закон РФ «О радиационной безопасности населения» от 09.01.96г. №3-ФЗ;

- Федеральный закон №190-ФЗ от 11.07.2011 года «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 29.03.2013 года №280 «О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии»;
- Приказ Госкомэкологии России № 372 от 16 мая 2000 года «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации»;
- «Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации» утверждённое приказом Государственного комитета РФ по охране окружающей среды от 16.05.2000 года №372.

В соответствии с «Планом мероприятий по получению лицензии на эксплуатацию КПЖРО» филиалом АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» разработаны «Предварительные материалы по оценке воздействия на окружающую среду эксплуатации комплекса переработки ЖРО с хранилищем отвержденных радиоактивных отходов Кольской АЭС». Состав отвечает требованиям Методических указаний «Разработка материалов оценки воздействия на окружающую среду в составе проектной и иной документации на осуществление видов деятельности в области использования атомной энергии», утвержденных Приказом ОАО «Концерн Росэнергоатом» (№9/632-П от 06.07.2012), и Методическим рекомендациям по подготовке представляемых на государственную экологическую экспертизу материалов обоснования лицензии на осуществление деятельности в области использования атомной энергии, утвержденных приказом Ростехнадзора от 10.10.2007 № 688.

При подготовке отчета для оценки воздействия на окружающую среду использовались следующие материалы: отчеты АО «АТОМПРОЕКТ», ФГУГП «Гидроспещгеология», ОАО «Турбоатом», ИППЭС ФИЦ КНЦ РАН, исходные данные РНЦ «Курчатовский институт», результаты производственного контроля за состоянием окружающей среды, выполняемого соответствующими подразделениями Кольской АЭС.

Работа выполнена при совместном участии специалистов филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция», АО «АТОМПРОЕКТ» и Института проблем промышленной экологии севера Федерального исследовательского центра Кольского научного центра РАН на основании решений и приказов концерна «Росэнергоатом» [6-7].

4. ЦЕЛЬ И ПОТРЕБНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Цель намечаемой деятельности по эксплуатации КПЖРО с ХОРО - переработка накопленных и образующихся при работе энергоблоков Кольской АЭС жидких радиоактивных отходов, путем перевода их в отвержденное состояние с максимально возможным сокращением объема и получения кондиционированных отходов, пригодных к контролируемому безопасному хранению и последующему захоронению.

Комплекс переработки жидких радиоактивных отходов спроектирован общим для энергоблоков №№1÷4 на свободном месте площадки АЭС и максимально приближен к хранилищу жидких радиоактивных отходов I очереди.

В зданиях КПЖРО и надстроек над спецкорпусами ОСК-1 и ОСК-2 размещены основные технологические и вспомогательные системы обращения с жидкими радиоактивными отходами.

Хранилище отвержденных отходов (ХОРО) предназначено для временного хранения на территории Кольской АЭС кондиционированных РАО, образующихся в результате эксплуатации систем и установок по переработке радиоактивных отходов, до передачи их национальному оператору для окончательного захоронения. Здание ХОРО оснащено тремя отсеками для размещения в них РАО 2, 3 и 4 класса, в соответствии с классификацией приведенной в постановлении Правительства РФ № 1069 от 19.10.2012 г., и ОНАО, в соответствии с СП 2.6.6.2572-10. Здание ХОРО размещается на отдельной огражденной и охраняемой площадке с юго-восточной стороны от промплощадки Кольской АЭС.

Потребность в реализации намечаемой деятельности заключается в том, что в емкостях хранилищ жидких радиоактивных отходов I и II очередей АЭС накоплено значительное количество солевых отходов, находящихся как в жидкой, так и в кристаллической фазах, а также отработанных фильтрующих материалов и шламов трапных вод.

Технология переработки и кондиционирования жидких радиоактивных отходов, применяемая на КПЖРО Кольской АЭС, включает следующие технологические процессы:

- растворение и извлечение солей, накопленных в емкостях кубового остатка в хранилищах жидких радиоактивных отходов I и II очередей АЭС;
- очистку от радионуклидов растворов солей, извлечённых из баков кубового остатка хранилищ жидких радиоактивных отходов;
- глубокое упаривание очищенных от радионуклидов растворов с получением солевого концентрата (солевого плава);
- расфасовку солевого плава в металлические бочки;
- подготовку отработанного ионоселективного сорбента, находящегося в фильтр-контейнерах, к последующему захоронению;
- транспортно-технологические операции по перемещению отработанных фильтр-контейнеров в хранилище и последующее временное хранение;
- транспортно-технологические операции по перемещению упаковок с солевым плавом в ХОРО и их хранение;

- извлечение отработанных фильтрующих материалов, шламов трапных вод, а также фильтрационного шлама установки очистки от радионуклидов и подача их на установку цементирования;

- переработку отработанных фильтрующих материалов, шламов трапных вод, а также фильтрационного шлама установки очистки от радионуклидов на установке цементирования с получением цементного компаунда, затариваемого в невозвратные защитные контейнеры НЗК-150-1,5П;

- транспортно-технологические операции по перемещению НЗК внутри производственных помещений и вывоз отвержденных отходов в хранилище ХОРО.

В результате реализации данной технологии, объем РАО, подлежащий хранению, снижается в 50 раз.

Для обоснования экологической безопасности Кольской АЭС при эксплуатации КПЖРО выполнены следующие работы:

– проведена оценка газоаэрозольных выбросов в атмосферный воздух и сбросов сточных вод в открытую гидрографическую сеть;

– выполнен прогноз радиационного воздействия на население и объекты окружающей среды на основе оценки газоаэрозольных выбросов и сбросов, образующихся при эксплуатации КПЖРО;

– проведена оценка современного экологического состояния региона Кольской АЭС по результатам полевых исследований, а также по анализу показателей, характеризующих существующий уровень содержания радиоактивных и химических загрязнителей в компонентах наземных и водных экосистем;

– проведена оценка воздействия Кольской АЭС на население и экосистемы региона по фактическим данным о величине радиоактивных газоаэрозольных выбросов и сбросов сточных вод в окружающую среду.

На протяжении всего периода промышленной эксплуатации, с учетом выполнения всех плановых работ по ремонту, модернизации и наладке оборудования, комплекс переработки ЖРО Кольской АЭС показал свою эффективность, надежность и соответствие самым жестким международным требованиям безопасности.

Учитывая стратегию РФ в области комплексного обеспечения ядерной и радиационной безопасности, можно сделать вывод о том, что эксплуатация КПЖРО Кольской АЭС, включающая переработку, кондиционирование и окончательную изоляцию твердых и отвержденных РАО от окружающей человека природной среды, является неотъемлемой частью основной деятельности АЭС и имеет высокую социально-экономическую значимость как для дальнейшего развития Мурманской области, так и атомной энергетики в целом.

5. ОПИСАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ВКЛЮЧАЯ ПРЕДЛАГАЕМЫЙ И «НУЛЕВОЙ ВАРИАНТ» (ОТКАЗ ОТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ)

5.1. «Нулевой вариант» (отказ от деятельности).

«Нулевым вариантом» применительно к деятельности по эксплуатации КПЖРО является прекращение эксплуатации КПЖРО. Такой вариант не может рассматриваться как альтернативный, в силу следующих причин:

1. При эксплуатации энергоблоков Кольской АЭС образуется жидкие радиоактивные отходы различных категорий активности, которые направляются в хранилища ХЖО 1 и 2 очередей. Наполненность хранилищ по состоянию на 31.12.2019 составляет около 75%. Ввод в эксплуатацию КПЖРО в 2006 году позволил снизить критические отметки наполняемости хранилищ и обеспечить поддержание оптимального объема на необходимом уровне.

2. В настоящее время на КПЖРО осуществляется комплекс работ по извлечению, переработке и кондиционированию ранее накопленных радиоактивных ЖРО, находящихся в федеральной собственности в рамках выполнения государственного контракта. Срок окончания работ – 2021-2022 гг., с возможностью продолжения работ.

3. Перевод объектов ядерного наследия в ядерно и радиационно безопасное состояние является одной из важнейших задач государственной стратегии в области комплексного обеспечения ядерной и радиационной безопасности до 2030 года.

Сохранение действующего эффективного, надежного и удовлетворяющего всем требованиям безопасности объекта по переработке радиоактивных отходов – КПЖРО Кольской АЭС – в полной мере обеспечивает завершение исполнения государственных обязательств, связанных с последствиями прошлой деятельности предприятий атомной отрасли.

Отказ от деятельности по эксплуатации КПЖРО («нулевой вариант») потребует значительных материальных и временных затрат на вывод объекта из эксплуатации, не будет способствовать реализации государственной стратегии, приведет к негативным социально-экономическим последствиям.

5.2. Выбор альтернативного варианта для сравнения

Основная цель переработки и кондиционирования радиоактивных отходов – повышение их безопасности за счет минимизации объема, перевода в стабильные формы и упаковки в долговечные контейнеры.

Существовавшая до недавнего времени практика обращения с радиоактивными отходами АЭС состояла в хранении упаренных жидких отходов (кубовых остатков) в специальных хранилищах на площадках атомных станций. В последнее время на АЭС внедряются технологии кондиционирования РАО, так как хранение жидких радиоактивных отходов может рассматриваться только как временная мера [8].

До недавнего времени для кондиционирования низко- и среднеактивных ЖРО на АЭС в России и во всем мире общепринятыми считаются методы цементирования и битумирования. Цементирование заключается в смешении ЖРО с цементным клинкером, при этом он гидратируется содержащейся в ЖРО водой, а входящие в состав отходов

компоненты (соли) распределяются по образовавшейся массе компаунда. Степень наполнения компаунда солями зависит от качества клинкера и вводимых для повышения качества добавок. Таким образом, вес образующегося компаунда всегда больше веса кондиционируемых ЖРО.

Битумирование ЖРО заключается в замене содержащейся в отходах воды на битум, при этом соли распределяются по образуемому компаунду. Вес компаунда практически всегда превышает вес исходных ЖРО и битума.

При этом цементирование и битумирование приводят не к сокращению количества кондиционированных РАО, а наоборот, к их значительному увеличению. Кроме того, длительное хранение цементированных и битумированных РАО сопровождается делокализацией радионуклидов за счет выщелачивания и биологической деградации компаунда.

В последнее время в России и мире разработан ряд технологий дезактивации и переработки РАО, позволяющих выделить из радиоактивных сред нерадиоактивную составляющую, которая может быть использована на АЭС, в промышленности или направлена на захоронение как общепромышленные отходы [9, 10].

Так, на Кольской АЭС, с учетом специфики образующихся ЖРО, проектом сооружения КПЖРО была определена наиболее эффективная технологическая цепочка переработки ЖРО: окисление - фильтрация - ионоселективная очистка ЖРО - глубокое упаривание очищенного солевого раствора.

Основными технологическими стадиями процесса очистки ЖРО на установке ионоселективной очистки кубовых остатков (УИСО) являются предварительная фильтрация и подготовка исходного раствора, озонирование, фильтрация и селективная сорбция. После озонирования и фильтрации очищаемый раствор, освобожденный от гидроксидных форм радионуклидов переходных металлов, направляется на селективную сорбцию цезия на ферроцианидном сорбенте, в качестве которого используется «Термоксид-35».

Конечными продуктами переработки являются:

- очищенный от радионуклидов солевой раствор;
- отработавший сорбент в фильтрах-контейнерах, объемная активность которого в сотни раз выше, чем у исходных ЖРО;
- шлам с фильтров, образующийся в результате озонирования.

Для очистки фильтров узла микрофильтрации проводится их периодическая промывка со сбросом шламов в специальную емкость. По мере накопления определенного объема неосветляемый шлам передается на установку цементирования.

Очищенный от радионуклидов до значений ниже десяти уровней вмешательства по воде, в соответствии с требованиями НРБ-99/2009, кубовый остаток направляется на установку глубокого упаривания, где превращается в солевой плав. Полученный продукт может быть захоронен на полигоне для очень низких радиоактивных отходов.

Применяемая технология за 15 лет эксплуатации КПЖРО показала свою экономическую эффективность и надежность.

5.3 Сравнительный анализ стоимости захоронения радиоактивных отходов при использовании различных технологий переработки ЖРО

С целью определения наиболее эффективной технологии переработки ЖРО на КПЖРО Кольской АЭС выполнен сравнительный анализ стоимости захоронения радиоактивных отходов при использовании одной из основных применяемых в мире технологий переработки ЖРО, предполагающей предварительное концентрирование и последующее цементирование ЖРО (Вариант 1) и технологической цепочки переработки ЖРО, реализованной на Кольской АЭС: окисление - фильтрация - ионоселективная очистка ЖРО - глубокое упаривание очищенного солевого раствора (Вариант 2).

Исходные данные для расчета затрат

Проектный ежегодный объем перерабатываемых отходов на КПЖРО Кольской АЭС - 3600 м³ кубового остатка, в т.ч.:

- растворов кристаллических отложений – 3476 м³, с солесодержанием 140 г/л;
- декантата кубового остатка – 114 м³ с солесодержанием 156 г/л.

Вариант 1

Переработка вышеуказанных объемов ЖРО методом цементирования предполагает их предварительное концентрирование на установке глубокого упаривания до солесодержания 600 г/л (0,6 т/м³).

Суммарное количество ЖРО подлежащих цементированию, рассчитывается в соответствии с формулой

$$V_{ц} = V_{общ} / n, \text{ где}$$

$V_{общ}$ - ежегодный объем перерабатываемых отходов,

n - степень концентрирования (4,3 – для растворов, 3,8 – для декантата),

Необходимое количество невозвратных защитных контейнеров (НЗК) рассчитывается, исходя из свойств цементного компаунда:

- плотность - 2 т/м³;
- масса в НЗК-150-1,5П - 3 т.
- масса включенных солей - 0,6 т.

Стоимость НЗК, по данным мониторинга цен на 2020 год, составляет 185 000 за 1 шт.

Объем упаковки составляет 3,74 м³.

Тарифы на захоронение радиоактивных отходов с 2018 по 2022 годы установлены Министерством природных ресурсов (Приказ ФАС России от 28.12.2017 № 1812/17).

Затарты на транспортировку контейнеров составляют 5% от тарифа на захоронение.

Вариант 2.

В результате переработки вышеуказанных объемов ЖРО методом ионоселективной очистки объем отвержденных отходов составит 6,2 м³ с учетом упаковки, что соответствует 9 фильтрам-контейнерам.

Стоимость 1 фильтра-контейнера – 2 млн. рублей.

Фактические затраты на эксплуатацию рассчитаны на основе данных бухучета за 2019 год.

Тарифы на захоронение и транспортировку радиоактивных отходов аналогичны Варианту 1.

Сравнительный анализ стоимости захоронения радиоактивных отходов при использовании технологий по двум исследуемым технологиям представлен в таблице 5.3.1.

Таблица 5.3.1. Сравнительный анализ стоимости захоронения радиоактивных отходов при использовании различных технологий

№ п/п	Наименование стадии/этапа переработки ЖРО	Затраты, руб.	
		Вариант 1	Вариант 2
1.	Цементирование на установке глубокого упаривания (эксплуатационные затраты)	-	-
2.	Ионоселективная очистка (эксплуатационные затраты)	-	161 5556 907
3.	Покупка НЗК/фильтров-контейнеров	155 030 000	18 000 000
4.	Захоронение отвержденных РАО*	494 594 161	978 419
5.	Транспортировка контейнеров	24 729 708	48 921
	ИТОГО:	674 353 861	180 584 247

* в соответствии с тарифами на захоронение радиоактивных отходов с 2018 по 2022 годы, установленными Министерством природных ресурсов (Приказ ФАС России от 28.12.2017 № 1812/17)

Выводы

Анализ альтернативных методов переработки и кондиционирования ЖРО в России и зарубежом, а также сравнительная оценка стоимости захоронения радиоактивных отходов показали, что **технология переработки ЖРО, реализованная на Кольской АЭС, является современной, эффективной и наиболее рентабельной.**

6. ОПИСАНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, КОТОРАЯ МОЖЕТ БЫТЬ ЗАТРОНУТА НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

6.1. Общая характеристика площадки размещения КПЖРО

6.1.1 Комплекс переработки ЖРО расположен на территории промплощадки Кольской АЭС (КАЭС), в юго-западной части Мурманской области, на территории подведомственной Муниципальному образованию город Полярные Зори.

С востока площадка ограничена прибрежной полосой озера Имандра. Прибрежная полоса сложена преимущественно нагромождениями валунов, чередующихся с небольшими песчаными отмелями. С северо-запада площадка примыкает к скалистым возвышенностям с абсолютными отметками 170 м и более. С юга площадку ограничивает лесистый холм, полого понижающийся к заболоченному берегу озера Имандра.

Сопредельная с площадкой территория расположена на полого-холмистой равнине и характеризуется обилием ледниковых форм рельефа: конечно-моренных гряд, камов и в меньшей степени - озов и зандровых конусов.

Окрестности КАЭС представляют собой сочетание водных и прибрежных пространств озера Имандра. Сухопутная часть территории – всхолмленная равнина с амплитудой абсолютных отметок от 137м (урез озера Имандра) до отдельных высот в 300-400м над уровнем моря (г. Лысая, возвышенности на о. Ермострове и на северном побережье Йокостровской Имандры). За исключением указанных высот, рельеф большей части территории характеризуется сочетанием плоских возвышенностей высотой до 200-250м и широких понижений, обычно заболоченных. Мощность торфа в болотах колеблется от 0,5 м до 2,7м.

Наиболее расчлененными и возвышенными являются северные и северо-западные части района. Колебания высот здесь наиболее значительные. Отметки возвышенных участков в районе площадки колеблются в пределах 140–145м, а отметки заболоченных понижений - в пределах 129-133м. Средняя абсолютная отметка планировки промплощадки - 133м.

Наиболее заболоченными являются центральная и восточная части площадки, а также участки, прилегающие к озеру Имандра.

Выпуклые склоны возвышенностей обнажают, в большинстве случаев, коренные породы в виде скальных уступов высотой от 1 до 10м или сглаженные ледником каменистые поверхности.

6.1.2 По природно-климатическим особенностям регион КАЭС расположен в зоне северной тайги и характеризуется лесными, лесотундровыми, тундровыми, болотными и нередко луговыми ландшафтами, расположенными на террасах озер и рек. Вследствие этого растительность территории представлена шестью типами: лесной, лесотундровой, тундровой, болотной, луговой и водной.

На большей части района расположения площадки леса были вырублены несколько десятилетий назад. В настоящее время спелый лес встречается в виде отдельных островов на общем фоне молодого леса в местах старых вырубок и гарей. Подлесок состоит, в основном, из карликовой березы высотой до 1 м. Хорошо развит мохово-кустарничковый покров.

6.1.3 Наземные экосистемы региона трансформированы в результате хозяйственной деятельности и находятся в разных стадиях деградации. Площадка Кольской АЭС расположена в V зоне - зоне начальной стадии разрушения таежных экосистем.

Содержание загрязняющих веществ в исследуемом районе, в основном, находится на фоновом уровне. Содержание радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, воде, почве и сельскохозяйственной продукции местного производства находится на уровне естественных (фоновых) значений. Гамма-поле в районе Кольской АЭС близко к средним значениям по территории России.

Район размещения КАЭС не является эндемичным ни по одному виду природно-очаговых инфекций. За 20-летний период в г. Полярные Зори значительно снизились уровни заболеваемости дизентерией, эпидемическим паротитом и другими инфекционными болезнями. Уровень общей заболеваемости за последние пять лет отражает общую динамику по Мурманской области. Связь заболеваемости с основными факторами производственной среды не прослеживается.

6.1.4 Вокруг Кольской АЭС установлены санитарно-защитная зона (СЗЗ) и зона наблюдения (ЗН). В соответствии со статьей 31 Федерального закона № 170 «Об использовании атомной энергии» проекты СЗЗ и ЗН согласованы с органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора и утверждены постановлением администрации г. Полярные Зори Мурманской области от 23.11.2009 года № 979. Санитарно-защитная зона Кольской АЭС включает в себя территорию центральной части полуострова, разделяющего Бабинскую Имандру от Иокостровской Имандры, до автомобильной дороги Р-21 Санкт-Петербург–Мурманск. Зоной наблюдения является территория, ограниченная радиусом 15 км, отсчитываемым от геометрического центра вентиляционных труб 1-ой и 2-ой очередей Кольской АЭС. Внутренней границей ЗН является граница СЗЗ.

В СЗЗ отсутствуют учреждения, предприятия и сооружения, не относящиеся к деятельности КАЭС. В СЗЗ проводится радиационный контроль.

Ограничений на хозяйственное использование территории зоны наблюдения не накладывается. В 11 км южнее площадки КАЭС расположен промышленный объект – гидроэлектростанция ГЭС Нива-1.

Карта-схема расположения Кольской АЭС с указанием границ СЗЗ и ЗН представлена на рисунке 6.1.1.

6.1.5 В ЗН Кольской АЭС находятся следующие населенные пункты: г. Полярные Зори, н.п. Африканда, н.п. Зашеек. Ближайший к КАЭС населенный пункт Зашеек расположен в 10 км южнее промплощадки, на берегу озера Имандра. На северо-восток от промплощадки в 14 км располагается железнодорожная станция и поселок Африканда. Город Полярные Зори, построенный как жилой поселок КАЭС, расположен на расстоянии 11 км от станции. Число жителей по данным Росстата – 14224 человек (на 1 января 2020 года). Общая численность населения, проживающего в ЗН – 16400 человек.

схемой доставки оборудования и строительных материалов железнодорожным транспортом, а также конкретными условиями площадки. Генплан разработан на 4 блока. Энергоблоки ориентированы с запада на восток.

Железнодорожная станция примыкания Полярные Зори отнесена к III классу, оборудована электрической централизацией стрелок и сигналов. На площадке имеется сеть внутриплощадочных железнодорожных путей.

Основной автомобильный подъезд к площадке КАЭС осуществляется по автодороге № 1, второй - по автодороге № 2. Оба автомобильных подъезда примыкают к автомагистрали Санкт-Петербург - Мурманск.

Железнодорожные пути и автодороги позволяют в случае аварийной ситуации на Кольской АЭС обеспечить проведение необходимых мероприятий по эвакуации населения г. Полярные Зори и части персонала АЭС в течение 4 часов.

Для технологических и противопожарных нужд построена сеть внутриплощадочных автодорог с цементобетонным покрытием.

Кроме транспортных коммуникаций, в десятикилометровой зоне нет взрывопожароопасных объектов.

Визуализация зданий и сооружений территории промплощадки Кольской АЭС приведена на рисунке 6.1.3.

Схема систем водопотребления и водоотведения Кольской АЭС приведена в Приложении А.

Выбранная площадка соответствует требованиям НП-032-01 «Размещение атомных станций. Основные критерии и требования безопасности: Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии» от 30 апреля 2002 г. (Вестник Госатомнадзора России. №1, 2002).

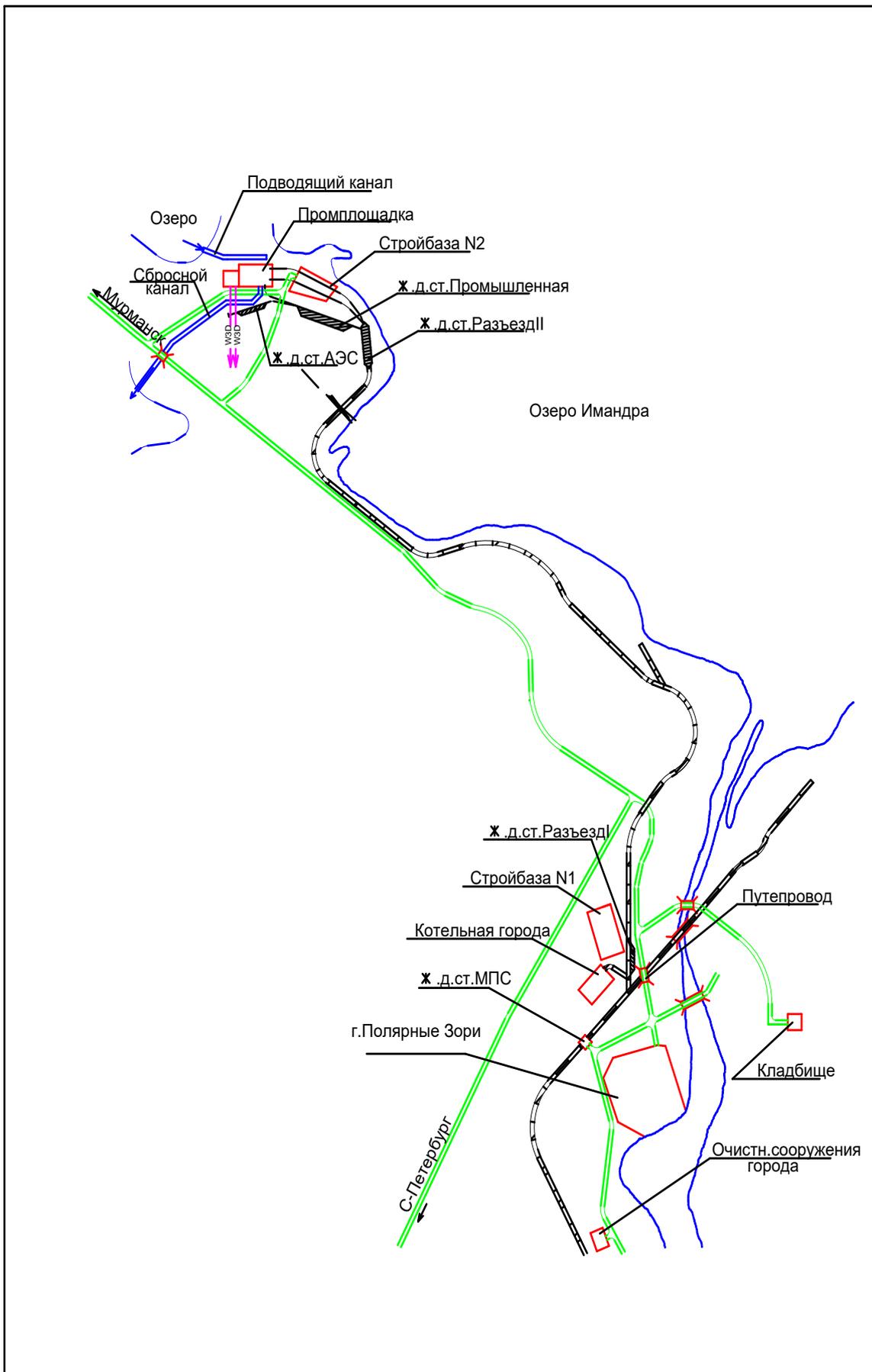


Рисунок 6.1.2 - Схема ситуационного плана

ОБЪЕКТЫ КОЛЬСКОЙ АЭС

- 1 – Реакторное отделение
- 2 – Машинный зал
- 3 – Спецкорпус
- 4 – Береговая насосная станция
- 5 – Подводящий канал
- 6 – Отводящий канал
- 7 – Диагностический центр
- 8 – Комплекс переработки жидких радиоактивных отходов
- 9 – Резервная дизель-генераторная электростанция
- 10 – Дизель-насосная установка
- 11 – Открытое распределительное устройство 330, 154, 110 кВ
- 12 – Учебно-тренировочное подразделение
- 13 – Специальная пожарно-спасательная часть № 6
- 14 – Хранилище отвержденных радиоактивных отходов
- 15 – Дизельгенераторная САЭ
- 16 – Административно-вспомогательный корпус
- 17 – Здание гидроемкостей 1 блока
- 18 – Здание гидроемкостей 2 блока

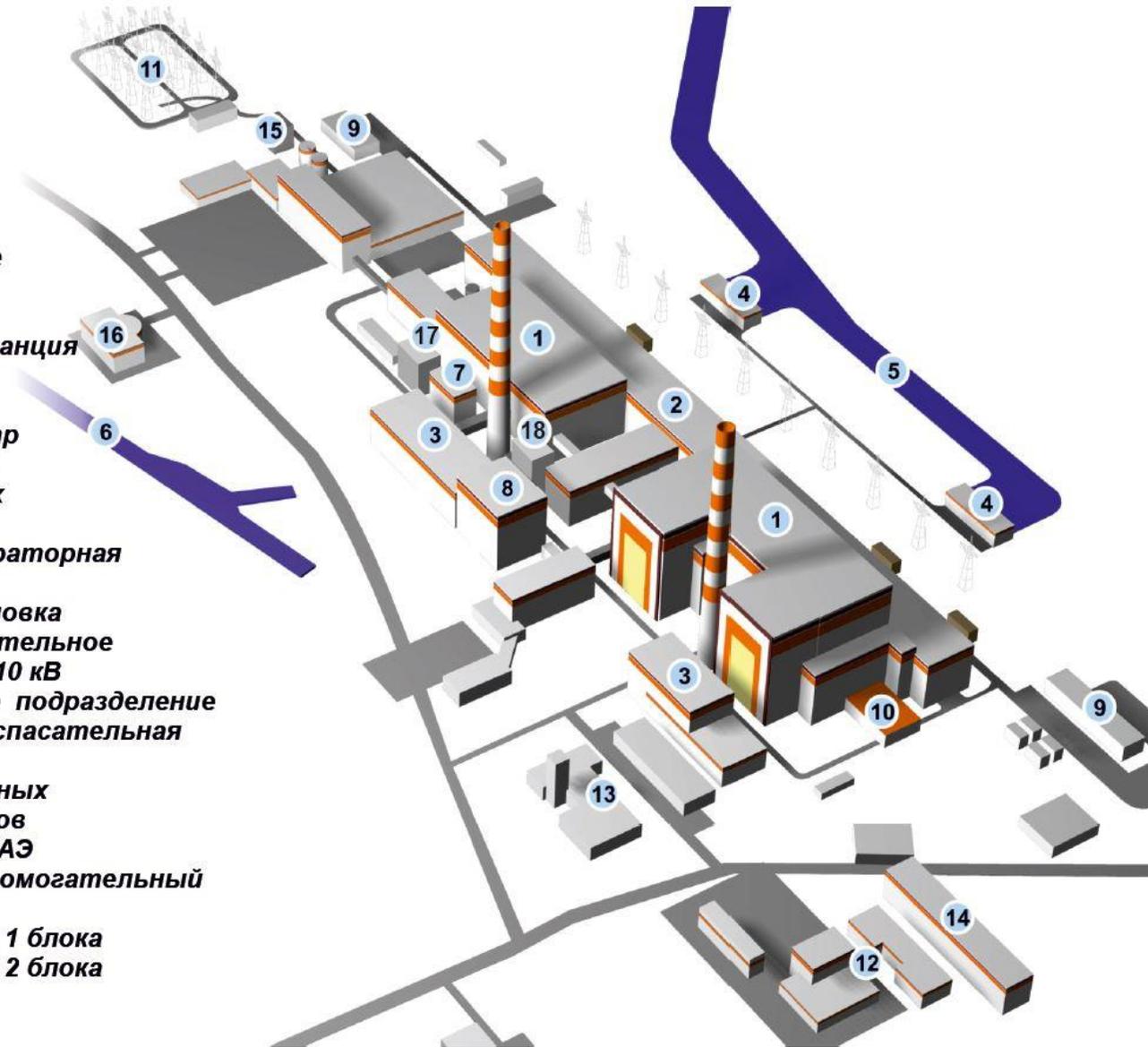


Рисунок 6.1.3 Визуализация зданий и сооружений территории промплощадки Кольской АЭС

6.2. Характеристика приземного слоя атмосферы

6.2.1 Климатические и метеорологические условия

Характерной особенностью погоды района расположения Кольской АЭС является ее неустойчивость и резкая изменчивость, обусловленная частой сменой воздушных масс, а также перемещением циклонов и фронтов.

Общая климатическая характеристика территории района выполнена на основе фондовой метеорологической информации ГУ «Мурманская УГМС» за 1988-2019 годы, а также по данным метеорологических станций АМС АСКРО Кольской АЭС «Зашеек» и «Апатиты», широтное и высотное расположение которых приблизительно одинаковое, а также на основе справочных данных.

Солнечная радиация и солнечное сияние.

Для данных широт характерно невысокое стояние солнца, круглосуточные полярные дни летом, продолжительные ночи и короткие полуденные сумерки зимой.

В целом режим солнечной радиации характеризуется резко выраженным годовым ходом и чрезвычайно сглаженными суточными изменениями. Наиболее высокие суммы прямой солнечной радиации на нормальную к лучу поверхность при ясном небе наблюдаются в июне и в среднем за сутки составляют 52,7 МДж/м², а за месяц – 1580 МДж/м². В декабре и январе прямая солнечная радиация имеет нулевое значение, а в феврале и ноябре суммы радиации невысокие и составляют за месяц в феврале 333 МДж/м², а в ноябре – 244 МДж/м². В среднем за год приход солнечной радиации на поверхность составляет 9524 МДж/м² [11].

Значительно сокращает величину прямой радиации обычная для района значительная облачность, частые туманы и достаточно высокая относительная влажность. Поэтому в радиационном режиме территории рассеянная радиация играет важную роль, особенно в период вегетации растений.

Продолжительность солнечного сияния находится в прямой зависимости от времени года, продолжительности дня, облачности и открытости горизонта. Наиболее высокая облачность наблюдается осенью и в начале зимы, менее высокая – весной и летом. Зимой, во время полярной ночи – в декабре, солнечное сияние равно нулю. В общем, для района солнечными являются май, июнь и июль – в среднем 274 часа или 11 суток в каждом месяце.

Атмосферное давление.

На территории района атмосферное давление подвержено большим колебаниям, связанным с прохождением циклонов, особенно зимой. Зимой разность между самым высоким и низким атмосферным давлением составляет 50-60 мм ртутного столба. Летом эта величина не превышает 40 мм. Суточные колебания давления зимой могут достигать 30 мм, летом – не более 15 мм ртутного столба. Среднее годовое атмосферное давление на территории района составляет 750 мм ртутного столба [12].

Ветер.

Разнообразие ландшафтов и рельефа определяют значительную неоднородность ветрового режима на территории района. По характеру ветрового режима, величине средней месячной и годовой скорости ветра, ее годовому ходу район исследований расположен на территории центрального климатического района.

Циклоны обычно перемещаются с запада на восток во все сезоны года, принося с собой морской воздух, насыщенный большими запасами влаги. Антициклоны, в отличие от циклонов, могут двигаться с востока на запад, но число их не велико. Зимой и летом антициклоны могут приходить с северо-востока. В таких случаях они приносят сухой и очень холодный воздух с Карского моря. Вторжение холодных арктических масс на рассматриваемый район происходит в тылу циклонов или при смещении антициклонов, сформированных над морями Северного Ледовитого океана. При этом в зимний период устанавливается очень холодная погода с температурами до минус 30-45°С, а летом наблюдаются ночные заморозки.

В районе преобладают муссоны, то есть ветры, меняющие свое направление на противоположное в зависимости от времени года. Зимой, осенью и в начале весны наиболее часты южные и юго-западные ветры, летом – северные и северо-восточные ветры, что показано на рисунках 2.1, 2.2.

Это обусловлено тем, что в холодное время года Баренцево и Норвежское моря теплее суши, а, значит, ветер дует с суши на моря. В теплое время года направление ветра меняется на противоположное – суша теплее морей.

Летом на направление ветра оказывает влияние Кандалакшский залив, что определяет преобладание юго-западных и южных ветров на территории района в течение года (рисунок 2.3).

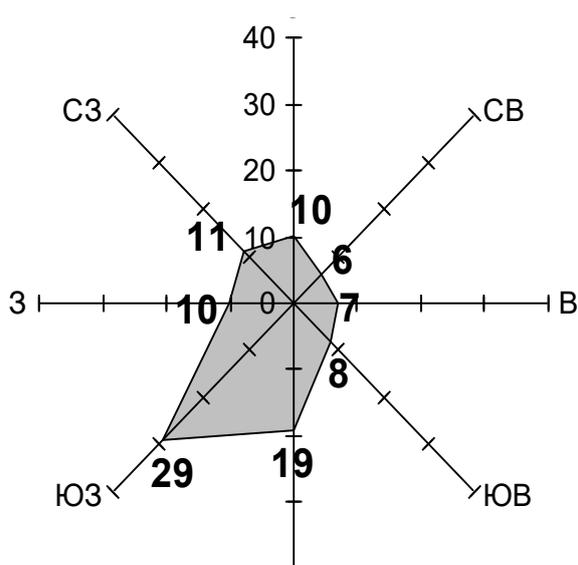


Рисунок 2.1 - Среднегодовалая роза ветров за холодный период года (ноябрь-март) на метеостанции «Зашеек»

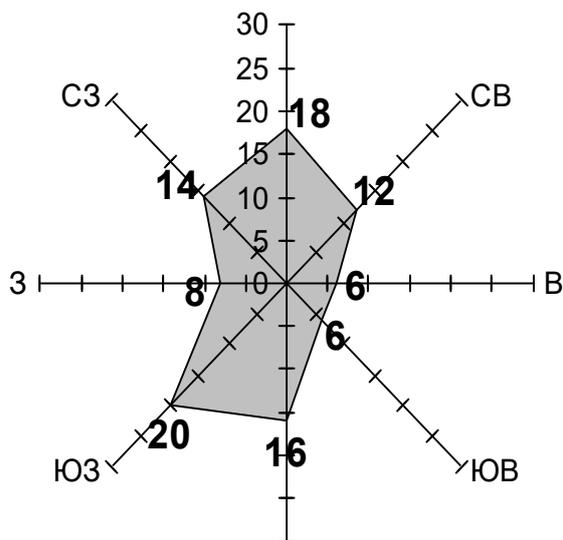


Рисунок 2.2 - Среднегодовая роза ветров за теплый период года (апрель-октябрь) на метеостанции «Зашеек»

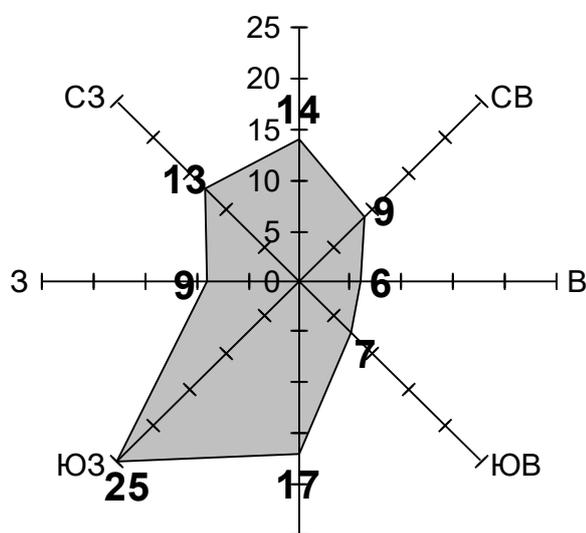


Рисунок 2.3 - Среднегодовая роза ветров на метеостанции «Зашеек»

Режим ветра территории промплощадки Кольской АЭС (по данным метеостанции АМС-1 АСКРО Кольской АЭС) несколько отличается от общей картины района исследований. Роза ветров, построенная по данным многолетних наблюдений (рисунок 2.4), показывает преобладание западных ветров в холодный период года и южных – в теплый период.

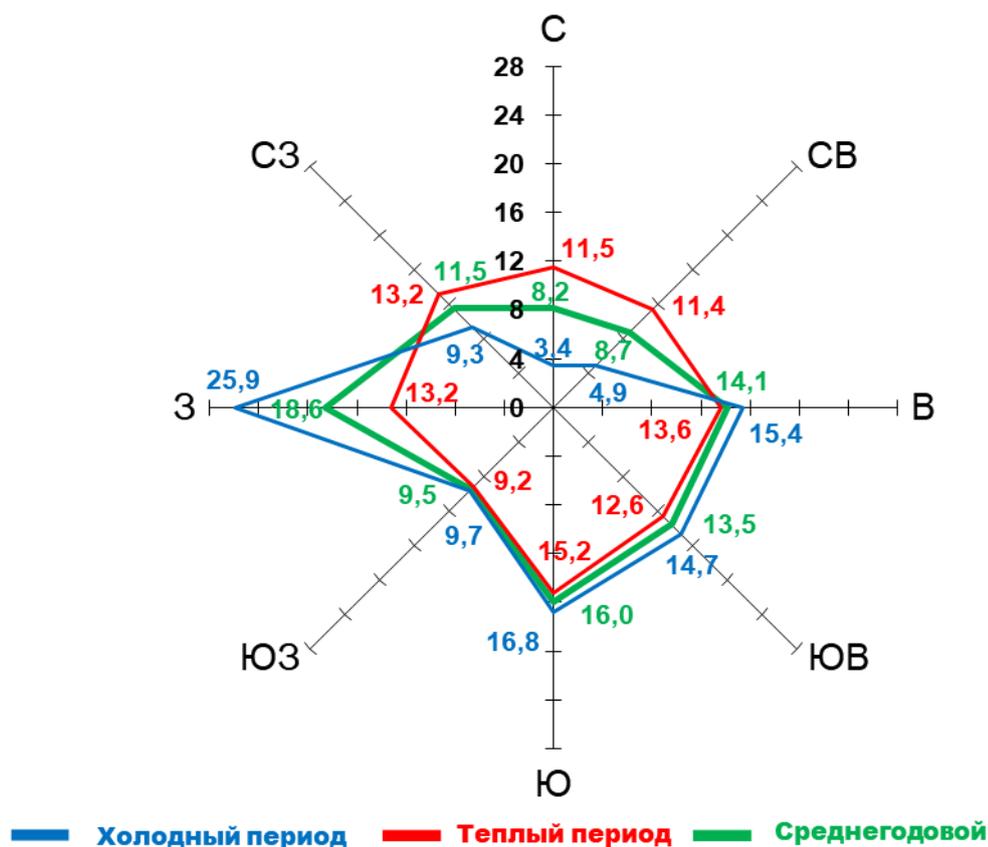


Рисунок 2.4 – Роза ветров за период 2009-2018 гг. по данным метеостанции АМС-1 АСКРО Кольской АЭС

В целом, преимущественно равнинный рельеф местности создает условия для преобладания сравнительно невысоких месячных, сезонных и годовых скоростей ветра. Средние месячные скорости ветра находятся в интервале 3-4 м/с. Среднегодовую годовую скорость ветра также невысока и составляет 3,8 м/с.

Наиболее высокие средние суточные скорости ветра наблюдаются поздней весной, летом и ранней осенью в полуденные часы, где они достигают 5 м/с.

Зимой, ранней весной и поздней осенью чаще всего отмечаются ветры со скоростью 0-1 и 2-3 м/с. В среднем годовая повторяемость ветров со скоростью ветра 0-1 и 2-3 м/с в районе составляет 45 %. Повторяемость штилей выше зимой, чем летом и составляет соответственно 10 и 7 %.

В теплое время года повторяемость ветров со скоростью 4-5 и 6-7 м/с выше (около 40 %), чем в холодное – около 35 %. Летом они имеют хорошо выраженный суточный ход при максимуме повторяемости в полуденные часы, а зимой их повторяемость практически не имеет суточного хода [12].

Сильные ветры от 8-9 до 12-13 м/с возникают значительно реже и их повторяемость не превышает 13 % за холодный период и 17 % - теплый. В среднем в течение года их повторяемость не превышает 15 %. Очень сильный ветер, скорость которого может превышать 13 м/с и даже достигать 30 м/с, отмечается очень редко. Повторяемость такого ветра и зимой и летом не превышает 2 %. Чаще всего слабые ветры (до 5 м/с) характерны северным румбам, а умеренные и сильные – южным. Ветры, достигающие 30 м/с

отмечаются 1 раз в 10-15 лет и наблюдаются в основном при южном и юго-западном направлении ветра.

Температура воздуха

Термический режим на территории исследований формируется под влиянием климатообразующих факторов различного масштаба. К макромасштабным факторам следует отнести атмосферную циркуляцию, радиационный режим и подстилающую поверхность. Кроме макромасштабных факторов, на термический режим оказывают влияние и местные условия: высота и форма рельефа, растительность, почва, непосредственная близость озера Имандра и других озер, застройка территории и другие факторы.

Климат района отличается наибольшей континентальностью по сравнению с другими климатическими районами. Самая высокая среднемесячная температура наблюдается в июле $+13,9^{\circ}\text{C}$. Осенью, начиная с конца августа, температура воздуха понижается, во второй половине октября переходит через 0°C , и начинается продолжительная зима [12].

Самый холодный месяц в районе – февраль, где среднемесячная температура составляет $-12,9^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура воздуха в районе отрицательная и составляет $-0,6^{\circ}\text{C}$.

Самые низкие минимальные температуры воздуха наблюдаются в январе, достигая -33°C . В мае, когда начинается полярный день, минимальная температура воздуха не опускается ниже -8°C . С мая и до сентября возможны и жаркие дни с температурой от $+23$ до $+32^{\circ}\text{C}$.

Влажность воздуха

Испарение с водной поверхности озера Имандра, многочисленных небольших озер и болот, приток водяных паров с Баренцева и Белого морей обуславливают на территории повышенную влажность воздуха.

Абсолютная влажность воздуха достигает 8-10 миллибаров летом и 3-5 мбар – зимой, а относительная изменяется в обратном порядке, то есть увеличивается зимой и уменьшается летом. Это происходит вследствие того, что летом из-за испарения с поверхности содержание водяного пара в 1м^3 воздуха выше, чем зимой, а значит и выше абсолютная влажность. Если абсолютная влажность может не изменяться в конкретный момент времени, то относительная влажность может расти и убывать в зависимости от роста или падения температуры, так как при изменениях температуры воздуха изменяется и упругость насыщенного пара.

Самая высокая среднемесячная относительная влажность на территории района наблюдается в осенние и зимние месяцы и составляет величины от 85 до 87 %. Весной влажность понижается, достигая минимальных значений в мае (68%). Летом, когда преобладают северные и восточные ветры, относительная влажность повышается и в августе достигает 78%.

Наибольшее число дней с относительной влажностью не менее 80% наблюдается за холодный период года с октября по март и в сумме составляет 122 дня. В среднем годовая относительная влажность воздуха в районе составляет 79% [12].

Облачность

Частые циклоны и высокая влажность воздуха на территории вызывают развитие значительной облачности. Наиболее чистое небо с общей облачностью 0-2 балла наблюдается в холодное время года (октябрь-апрель). Повторяемость облачности с такой градацией в среднем составляет 24%. В теплое время года (апрель-октябрь) повторяемость облачности в 0-2 балла ниже и не превышает 17%, причем чистое небо преимущественно наблюдается в полуденные часы и реже в ночные часы.

Прохождение циклонов и обширных атмосферных фронтов обуславливают в районе преимущественное преобладание общей облачности в 8-10 баллов, причем в течение всего года. Месячный ход выражен слабо. В среднем в каждом месяце повторяемость облачности с данной градацией составляет 65%, максимальная в 73% приходится на ноябрь, а минимальная на март – 57%.

Осадки

За год в районе выпадает в среднем около 550 мм осадков (по данным гидрометцентра г. Мурманска), причем около 100 мм выпадает с ноября по март и около 300 мм с апреля по октябрь. Самый дождливый из летних месяцев – август, в котором выпадает 56 мм осадков. Сентябрь самый дождливый из осенних месяцев – 44 мм осадков.

Больше половины всех осадков выпадает в районе в виде дождя – более 260 мм. В виде снега выпадает около 90 мм осадков и около 50 мм приходится на смешанные осадки, которые могут выпадать в любом из месяцев года, но наиболее часто наблюдаются в октябре (13 мм.). Выпадение снега можно наблюдать и летом: практически ежегодно в июне и примерно раз за 10 лет в июле и августе.

Снежный покров

В среднем устойчивый снежный покров в районе образуется 30 октября, при самой ранней стадии образования - 11 октября, и поздней – 26 ноября и наблюдается более 190 дней в году.

В течение зимы высота снега постепенно увеличивается и в первой декаде марта составляет в среднем 44 см. Ближе к весне, когда солнечная инсоляция высокая и возникают частые дневные оттепели, происходит постепенное оседание и уплотнение снежного покрова, в результате его мощность снижается до 40 см.

Сходит снежный покров в районе в среднем 7 мая, при самой ранней дате схода - 19 апреля и самой поздней – 22 мая.

Атмосферные явления

Туманы образуются в любое время года и в среднем наблюдаются в течение 22 дней в году. Наиболее часто туманы возникают в холодное время – с октября по март, где их средняя суммарная продолжительность составляет 14 дней, а максимальная – 47. Чаще всего наблюдаются туманы с продолжительностью от одного до четырех часов. В среднем за год таких туманов отмечается около 55 %. Туманы с продолжительностью от четырех до восьми часов наблюдаются реже – более 30 % и значительно реже с продолжительностью 8-12 часов. Туманов с продолжительностью от 12 часов до более суток в районе немного – около 5% и они в основном формируются в феврале, марте и сентябре.

Грозы в районе – сравнительно редкое явление и возможны лишь в теплые летние дни при высокой влажности воздуха. В среднем непрерывная продолжительность гроз чуть более часа, с максимумом в июле и минимумом в сентябре.

Метели на территории района достаточно частое явление. Возникают метели при различных скоростях ветра, начиная, уже с 4-6 м/сек, но с самой земной поверхности перенос снега может наблюдаться, даже при скорости ветра около 2 м/сек.

Град образуется в наиболее мощных кучево-дождевых облаках при сильных восходящих токах воздуха в облаке. Для территории района град достаточно редкое атмосферное явление и наблюдается один раз за пять-десять лет. Размеры градин бывают различные. Чаще всего наблюдаются градины диаметром от 6 до 20 мм, которые могут наносить значительный ущерб народному хозяйству.

Изморозь. По характеру строения и условиям образования для территории района характерны два вида изморози: зернистая и кристаллическая.

Масса отложений зернистой изморози на предметах, особенно на проводах, может достигать 40 г/м, а в некоторых случаях превышать 140 г/м, а мощность отложений составлять 10-30 см. Наиболее благоприятные условия для образования зернистой изморози создаются на вершинах высоких холмов и гор при натекании слоистых облаков. Здесь мощность отложений изморози может превышать 30 см и, даже, достигать одного метра.

Кристаллическая изморозь, оседая на тонких предметах, имеет пушистый вид и состоит из кристаллов, легко осыпаящихся при встряхивании. Плотность кристаллической изморози очень мала. Нарастает она медленно, приблизительно 1 мм в час; величина отложения ее не превышает в среднем 1 см и только в некоторых случаях может достигать нескольких сантиметров толщины.

Гололед. На территории района образование гололеда чаще всего происходит в период с ноября по февраль при значительных оттепелях или температуре воздуха от 0 до -5°C. Масса гололеда может изменяться от 50 до 150 г/м.

Деление *по сезонам года* носит условный характер, особенно для переходных периодов. Лишь зимний и летний сезоны выражены достаточно четко и имеют однородный характер погоды.

Зима в районе наблюдается в течение 6 месяцев (октябрь-апрель). Средняя месячная температура воздуха в этот период изменяется от (-2)°С до (-14)°С, постоянно держится снежный покров значительной мощности, часты метели и сильные ветры, преобладающее направление ветров - западное, со средними скоростями 2-4 м/с. Количество штилевых дней в зимний период составляет 25 % в среднем для Кольского полуострова.

Облачность в зимние месяцы достигает в среднем 7-8 баллов. Относительная влажность воздуха в среднем составляет 85-90 %. Зимой наблюдается основное количество туманов, в среднем 5 дней в месяц, наибольшая продолжительность которых порядка 15 часов. В зимние месяцы выпадает меньше всего осадков - в среднем 30-40 мм в месяц.

Весна продолжается около полутора месяцев (конец апреля - май), характеризуется быстрым повышением температуры воздуха. Намечается переход от западных ветров, преобладающих всю зиму, к северным. Относительная влажность уменьшается до 70 %. Снежный покров постепенно исчезает в течение мая, увеличивается количество осадков. Туманы в весенние месяцы довольно редки, в среднем 1 день в месяц. Облачность, в среднем, составляет 6 баллов.

Летний сезон в рассматриваемом районе длится около четырех месяцев (июнь-сентябрь), средняя месячная температура наиболее теплого месяца - июля не превышает 13-14°C, при этом довольно часто наблюдаются возвраты холодов и бывают заморозки.

Значения относительной влажности в летние месяцы составляют 65-80 %. На летний период приходится и большая часть осадков, примерно 70 % годовой суммы. Летом выражено преобладание северных и северо-восточных ветров, со средними скоростями 3 м/с, количество штилей невелико - порядка 7 %. Облачность летних месяцев 6-8 баллов, количество дней с туманами невелико, в среднем 1-2 дня в месяц. В летний период наблюдается основное количество гроз, наибольшее число дней с грозой - в июле.

Осенний период начинается с середины сентября и длится около 1,5 месяцев. Осень обычно бывает дождливая, с ветреной погодой. Переход температуры через 0°C происходит, как правило, в середине октября. Увеличивается число дней с туманами (в среднем - до 3-х в месяц). К концу октября, как правило, устанавливается снежный покров

Осенний период характеризуется и усилением ветра, переходящего, в основном, на западные румбы.

В целом район размещения КАЭС по классификации ГОСТ 16350-80 [13] относится к умеренному макроклиматическому району, климатическому району - умеренному (обозначение II₅), по классификации ГОСТ 15150-69 - макроклиматический район с умеренно холодным климатом [14].

Площадка КАЭС находится в несмерчопасном районе. Рассматриваемый район не подвержен воздействиям тайфунов и снежных лавин.

6.2.2 Состояние воздушного бассейна

6.2.2.1 Аэроклиматические факторы, влияющие на рассеивание примесей в атмосфере

Район КАЭС характеризуется неоднородной подстилающей поверхностью (холмистая местность, наличие озер и заболоченных участков), что оказывает существенное влияние на аэрометеорологический режим нижнего слоя атмосферы.

Аэрологические характеристики района размещения КАЭС оценивались на основании данных температурно-ветрового зондирования на аэрологической станции Кандалакша. Степень репрезентативности опорной станции к исследуемому району установлена на основании данных синхронных полевых наблюдений на метеостанции «Зашеек».

Количественные характеристики основных аэрометеорологических факторов, влияющих на рассеивание примесей в атмосфере, представлены в таблицах 6.2.2.1.1-6.2.2.1.7.

Таблица 6.2.2.1.1 - Повторяемость (%) приземных инверсий по месяцам

Месяц/часы	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
03	46	48	50	45	33	30	40	40	30	25	28	40
09	48	48	39	10	5	6	5	5	12	21	30	42
15	45	34	15	5	5	4	1	4	2	9	24	42
21	42	43	46	28	10	5	9	13	25	22	34	42
Сутки	43	42	38	23	12	11	14	16	15	19	29	42
В среднем за год – 25%												

Таблица 6.2.2.1.2 - Высота слоя перемешивания, Н (км)

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Год
Н, км	0,40	0,45	0,70	0,90	1,20	1,35	1,22	1,03	0,75	0,55	0,40	0,37	0,78

Таблица 6.2.2.1.3 - Средние мощность (Н,км) и интенсивность (t °С) приземных инверсий

Н / t	Месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
03 часа												
Н	0,58	0,57	0,53	0,47	0,38	0,36	0,35	,033	0,28	0,48	0,37	0,56
T	7,1	6,0	6,6	4,2	3,2	3,1	2,7	2,7	2,5	2,4	3,4	6,2
Н / t	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
15 часов												
Н	0,63	0,55	0,55	0,29	0,38	0,26	-	-	-	0,32	0,43	0,54
T	6,3	4,5	2,0	0,9	1,7	1,7	-	-	-	0,8	3,7	5,6

Таблица 6.2.2.1.4 - Повторяемость скоростей ветра от 0 до 1 м/с

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Год
%	33,0	30,1	23,7	20,4	17,1	13,7	17,1	20,1	18,5	16,7	25,8	29,9	22,1

Таблица 6.2.2.1.5 - Повторяемость приземных инверсий при слабых ветрах ($V \leq 2$ м/с) в (%)

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Год
%	18	17	15	7	4	4	5	8	5	7	11	19	10

Таблица 6.2.2.1.6 – Средняя продолжительность туманов

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Год
Часы	14,4	18,6	14,5	6,0	4,0	2,6	2,0	6,0	14,1	16,1	12,4	13,9	125

Таблица 6.2.2.1.7 – Повторяемость категорий устойчивости атмосферы (КУА) по месяцам и за год по результатам обработки наблюдений

КУА	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
А	0,0	0,7	3,3	4,1	3,3	2,2	2,4	3,2	1,5	1,5	1,4	0,4	2,0
В	2,1	2,8	6,1	8,5	13,9	13,0	10,0	15,2	10,0	7,3	2,2	1,1	7,8
С	5,2	5,3	7,3	12,3	17,3	17,1	15,6	15,8	11,5	11,8	12,9	4,8	11,4
D	53,6	49,3	52,2	55,3	50,1	54,5	56,1	50,9	61,1	67,0	65,7	54,5	55,9
Е	12,7	12,2	8,5	5,0	4,6	5,6	5,0	4,6	5,0	4,2	6,6	11,0	7,0
F+G	26,4	29,7	22,6	14,7	10,7	7,6	10,7	10,4	10,8	8,1	11,2	28,2	15,9

А - очень неустойчивая, В - умеренно неустойчивая, С - слабо неустойчивая, D – безразличная, Е - слабоустойчивая, F – умеренно устойчивая, G – очень устойчивая

6.2.2.2 Оценка климатического потенциала загрязнения атмосферы

Территория района исследований, в целом, характеризуется относительно благоприятными условиями для самоочищения атмосферы. В зимние месяцы в приземных слоях атмосферы достаточно часто развиваются инверсии (слой повышения температуры с увеличением высоты), а весной и летом за счет дневного прогрева увеличивается вертикальный градиент температуры (понижение ее с увеличением высоты), что приводит к уменьшению скорости ветра зимой и увеличению - весной и летом. За счет существенного уменьшения скоростей ветра зимой, среднегодовые скорости ветра также уменьшаются.

Неблагоприятные метеорологические условия, способствующие формированию высоких концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха, характеризуются сочетанием низких скоростей ветра (0-1 м/с) с приземными инверсиями и наличием тумана. Установлено, что опасная скорость ветра для большинства выбросов загрязняющих веществ составляет 0-1 м/с. Кроме того, для сравнительно холодных выбросов химического производства опасная скорость ветра определяется в 1-2 м/с, а для тепловых станций и металлургических предприятий – 3-5 м/с.

Климатический потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), представляющий собой сочетание многолетних метеорологических параметров, позволяет оценить ожидаемый в данном физико-географическом районе средний уровень загрязнения атмосферы.

В нашей стране показатель ПЗА определяется через отношение средних концентраций примесей при одинаковых выбросах в конкретном (P(F)_i) и условном (P(F)_о) районах, различающихся по климатическим условиям распространения примеси:

$$\text{ПЗА} = P(F)_i / P(F)_o, \quad (6.2.2.2.1)$$

т.е. ПЗА показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения атмосферы в конкретном районе, определяемый реальной повторяемостью неблагоприятных для рассеивания примесей метеорологических условий, будет выше, чем в условном.

Показателем климатической обеспеченности неблагоприятных метеорологических условий является значение P(F) – вероятность появления хотя бы одного из факторов [15]:

$$P(F) = 1 - [1 - P(0-1)] \cdot [1 - P(2-3)] \cdot [1 - P(4-5)] \cdot [1 - P(T)], \quad (6.2.2.2.2)$$

где P(F) – вероятность появления хотя бы одного из факторов, %;

P(0-1), P(2-3), P(4-5) – повторяемость скорости ветра указанной в скобках градации, %;

P(T) – повторяемость туманов, %.

Многолетние расчеты P(F) на территории Мурманской области показали, что самая низкая повторяемость опасных скоростей ветра и туманов характерна узкой полосе побережья Баренцева моря, где среднемноголетнее значение P(F) составляет 0.38. Это значение является относительным показателем климатической обеспеченности неблагоприятных метеорологических условий на территории и отражает климатический потенциал загрязнения атмосферы равный единицы [16].

Более высокое значение P(F) на других территориях, чем на побережье Баренцева моря будет определять более высокое значение, рассчитанное как отношение P(F) на других территориях к P(F) на побережье Баренцева моря. Таким образом, чем выше

повторяемость опасных скоростей ветра и туманов, тем выше значения P(F) и ПЗА и тем меньше способность атмосферы к самоочищению и наоборот.

На основе многолетних данных о повторяемости опасных скоростей ветра и туманов на метеостанции «Зашеек» (табл. 6.2.2.2.1) произведен расчет P(F) и ПЗА по месяцам и в целом за год (табл. 6.2.2.2.2).

Таблица 6.2.2.2.1. Средняя многолетняя повторяемость опасных скоростей ветра и туманов на метеостанции «Зашеек», %.

Скорость/ Месяц	0-1 м/с	2-3 м/с	4-5 м/с	Туман
Январь	31.9	41.5	17.8	12.9
Февраль	30.4	40.5	20.6	10.7
Март	23.5	41.9	23.3	9.7
Апрель	21.8	45.3	23.3	6.7
Май	17.4	45.9	26.6	3.2
Июнь	14.1	47.6	26.5	2.3
Июль	18.3	48.6	24.2	2.6
Август	24.3	47.6	20.7	6.5
Сентябрь	18.1	50.7	22.0	10.0
Октябрь	17.6	46.6	25.6	9.7
Ноябрь	27.2	45.2	20.1	10.0
Декабрь	28.4	43.3	10.5	12.9
Год	22.7	45.4	22.5	8.2

Таблица 6.2.2.2.2. Вероятность появления одного из неблагоприятных факторов(P(F)) и климатический потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА)

Месяц	P(F)	ПЗА (PF/0,38)
Январь	0.72	1.9
Февраль	0.71	1.9
Март	0.69	1.8
Апрель	0.69	1.8
Май	0.68	1.8
Июнь	0.68	1.8
Июль	0.69	1.8
Август	0.71	1.9
Сентябрь	0.72	1.9
Октябрь	0.70	1.8
Ноябрь	0.71	1.9
Декабрь	0.68	1.8
Год	0.70	1.8

Самое высокое значение ПЗА может составлять 2.6, но при условии, когда повторяемость опасных скоростей ветра и туманов в течение какого-то времени практически близка к 100%, чего на территории Мурманской области не наблюдается. В этом случае самоочищения атмосферы происходить не будет, а это приведет к формированию высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха, т.е. ПЗА будет на той или иной территории очень низким.

На территории района значение среднегодового ПЗА составляет 1.8, что только на 44% ниже максимального его значения. Это говорит о том, что в течение года атмосфера в большей степени способна к загрязнению, чем к самоочищению, т.е. исследуемый район относится к I (низкой) зоне потенциала загрязнения атмосферы.

6.2.2.3 Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха

Территория, занимаемая промышленными объектами и населенными пунктами в Мурманской области, составляет чуть более 0,5 % площади области. В области действует около 170 малых и крупных предприятий, которые ежегодно выбрасывают в атмосферный воздух более 250 тысяч тонн вредных веществ.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха Мурманской области являются добывающие и перерабатывающие предприятия горно-металлургического комплекса, предприятия по производству апатитового и нефелинового концентрата для минеральных удобрений, предприятия теплоэнергетики, и предприятия жилищно-коммунального хозяйства. При этом основной вклад в загрязнение региона вносят два гиганта цветной металлургии: ГМК «Североникель» и ГМК «Печенганикель». На их долю приходится около 50 % выбросов от валового количества. Более 70 % выбросов диоксида серы, также приходится на эти два предприятия. Вклад других предприятий в загрязнение не столь значителен: предприятия энергетики – 11 %; предприятия по производству черных металлов – 7 %; предприятия по производству минеральных удобрений - 5 %.

По данным государственного доклада о состоянии окружающей среды в Мурманской области [17], в 2019 году объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составил 252,9 тыс. тонн, что на 8,1 % меньше, чем в 2018 году. 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 общем количестве выбросов основных загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух по муниципальным районам и городским округам Мурманской области в 2019 г., доля таких выбросов в г. Полярные Зори с подведомственной территорией составляет всего 0.08% (например, соседний городской округ Мончегорск с подведомственной территорией сбрасывает 20.61% загрязняющих атмосферу веществ

К приоритетным загрязнителям атмосферного воздуха от промышленных предприятий и автотранспорта Мурманской области относятся следующие химические вещества: взвешенные вещества, сера диоксид, углерод оксид, азота диоксид, формальдегид, сажа, бенз(а)пирен, никель и его соединения, медь, бензин, керосин.

Для оценки состояния воздушного бассейна района размещения КАЭС были использованы данные двух постов наблюдений в г. Кандалакша, где проводятся

постоянные наблюдения за загрязнением атмосферы различными веществами и химическими соединениями Мурманским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В таблице 6.2.2.3.1 представлены средние за год и максимально-разовые концентрации загрязняющих веществ. Здесь же приведены среднесуточные (ПДКсс) и максимально-разовые (ПДКмр) предельно допустимые концентрации этих веществ.

Таблица 6.2.2.3.1 - Средние и максимально-разовые концентрации загрязняющих веществ

Вещество	Средняя		Максимально-разовая	
	Концентрация	ПДКсс	Концентрация	ПДКмр
Взвешенные вещества, мг/м ³	0,02	0,15	0,45	0,5
Диоксид серы, мг/м ³	0,008	0,05	0,09	0,5
Оксид углерода мг/м ³	0,8	3,0	7,0	5,0
Оксид азота мг/м ³	0,004	0,04	0,079	0,4
Диоксид азота мг/м ³	0,014	0,04	0,083	0,2
Твердые фториды, мг/м ³	0,01	0,03	0,09	0,2
Фтористый водород, мг/м ³	0,002	0,005	0,021	0,02
Бенз(а)пирен, 10 ⁻⁶ мг/м ³	1,1	1	2,4	-
Железо, мкг/м ³	0,15	40	0,43	-
Марганец, мкг/м ³	0,00	1	0,01	-
Медь, мкг/м ³	0,01	2	0,08	-
Никель, мкг/м ³	0,01	1	0,04	-
Свинец, мкг/м ³	0,00	0,3	0,03	-

Среднемесячные концентрации *взвешенных веществ* в атмосфере и максимальные разовые концентрации значительно ниже ПДК.

Содержание *диоксида серы* в атмосферном воздухе невелико. Это обусловлено значительной удаленностью района исследований от основных источников выбросов диоксида серы в атмосферу – комбинатов «Североникель» и «Печенганикель». В среднем за год концентрация сернистого газа в воздухе ниже ПДК в 6 раз.

Содержание *оксида углерода* в атмосферном воздухе повышено по сравнению с содержанием диоксида серы и взвешенных веществ. Среднегодовая концентрация ниже ПДК в 3,5 раза.

Степень загрязнения атмосферного воздуха *диоксидом азота* несколько выше, чем степень загрязнения воздуха оксидом углерода. Годовой ход концентраций сглажен и их величина ниже ПДК в 2-4 раза.

Атмосферный воздух загрязнен *фтористым водородом* в меньшей степени, чем твердыми фторидами. В среднем за год среднемесячная концентрация фтористого водорода была в 2,5 раза ниже ПДК.

Состояние атмосферы по отношению к загрязнению бенз(а)пиреном является неудовлетворительным в течение большей части года. Среднегодовая концентрация бенз(а)пирена в атмосферном воздухе на 10 % выше ПДК.

Содержание железа, марганца, меди, никеля, свинца в атмосферном воздухе значительно ниже ПДК, либо практически не наблюдается.

По данным Ежегодника о состоянии загрязнения атмосферы в городах на территории России [18], значительных изменений концентрации загрязняющих веществ в Кандалакшском районе, за период 2014-2018 гг., не наблюдалось.

Состояние атмосферного воздуха в районе расположения Кольской АЭС, как и в целом на территории Мурманской области, по показателю суммарного загрязнения (Р) оценивается как «допустимое» [17].

Индекс загрязнения (ИЗА) в Кандалакшском районе составляет в среднем 1,5. При этом основной вклад в загрязнение атмосферы вносят выбросы алюминиевого завода, котельных и автотранспорта.

В районе расположения КАЭС крупные промышленные предприятия отсутствуют, в связи с чем, степень загрязнения атмосферы в Полярнозоринском районе значительно ниже, чем в г. Кандалакша.

Таким образом, результаты наблюдений показали:

- уровень загрязнения атмосферного воздуха в районе исследований можно характеризовать как фоновый, концентрации почти всех компонентов не превышают ПДК;

- отмечено превышение на 10 % ПДК содержания бенз(а)пирена в атмосфере, а самые высокие концентрации данного вещества наблюдаются в зимние месяцы, где они выше ПДК в 2-2,5 раза.

- атмосфера в районе КАЭС в соответствии с ГОСТ 15150-69 [18] относится к I (условно-чистому) типу.

- агрессивные газы, в зависимости от концентраций диоксида серы, диоксида азота и фтористого водорода, по СП 28.13330.2012 [24] относятся к группе «А».

В 2019 г. рассчитанные по данным наблюдений критерии оценки состояния атмосферного воздуха показывают, что промышленные центры и города Мурманской области в основном входят в число городов России с низким уровнем загрязнения (г.г. Апатиты, Заполярный, Кандалакша, Кировск, Ковдор, Кола, Мончегорск, Мурманск, Оленегорск), в п. Никель – повышенный уровень загрязнения по содержанию диоксида серы.

6.2.2.4 Атмосферные осадки и снежный покров

Оценка степени загрязнения снежного покрова

Одним из методов, позволяющих оценить степень техногенной нагрузки на окружающую среду, является мониторинг загрязнения атмосферных осадков. Для комплексной характеристики антропогенного воздействия, как правило, используются оценки загрязнения депонирующих сред – почвы и снежного покрова.

Почва и снежный покров отражают различные временные характеристики загрязнения атмосферного воздуха. В снежном покрове отражается существующее загрязнение атмосферного воздуха, тогда как химический состав поверхностного слоя почв является результатом многолетнего воздействия загрязненного атмосферного воздуха, суммируя колебания уровней загрязнения, связанные с изменениями технологического процесса, эффективностью пылегазоулавливания, влиянием метеорологических и других факторов.

Снежный покров слабо активен как в химическом, так в биологическом отношении. В нем практически не происходит химической трансформации веществ, следовательно, он является индикатором предшествовавшего загрязнения атмосферы и будущего загрязнения почвы и гидросферы. Одна проба по всей высоте снежного покрова

дает представление о загрязнении за весь период от установления снежного покрова до момента отбора пробы.

Исследования атмосферных выпадений были проведены на 3 мониторинговых площадках постоянного наблюдения (ППН) Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН: Е-9 в 9 км от КАЭС, Е-21.5 в 21,5 км от КАЭС и фоновая территория, расположенная западнее п. Алакурти в 128 км от КАЭС. 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 [19].

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 межкроновых 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, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻ – методом ионообменной хроматографии, NH₄⁺, PO₄³⁻ 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 подкроновых и межкроновых 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 лизиметрических вод и 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. 6.2.2.4.1). 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. 6.2.2.4.1). 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».

Многолетняя динамика концентраций элементов в снегу

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).

Таблица 6.2.2.4.1. 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	<u>1142</u>	<u>5,31</u>	<u>0,44</u>	<u>0,11</u>	<u>0,46</u>	<u>0,36</u>	<u>0,20</u>	<u>0,038</u>	<u>0,006</u>	<u>0,016</u>	<u>0,003</u>	<u>0,005</u>
	126	0,07	0,04	0,01	0,07	0,02	0,03	0,011	0,001	0,001	0,001	0,002
МК	<u>2519</u>	<u>5,55</u>	<u>0,30</u>	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	<u>0,45</u>	<u>0,11</u>	<u>0,072</u>	<u>0,011</u>	<u>0,003</u>	<u>0,002</u>	<u>0,003</u>
	299	0,07	0,02	0,01	0,01	0,21	0,03	0,018	0,006	0,001	0,001	0,001
ОТК	<u>2432</u>	<u>5,75</u>	<u>0,33</u>	<u>0,07</u>	<u>0,08</u>	<u>0,39</u>	<u>0,07</u>	<u>0,032</u>	<u>0,008</u>	<u>0,009</u>	<u>0,001</u>	<u>0,005</u>
	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	<u>0,002</u>	<u>0,045</u>	<u>1,01</u>	<u>0,68</u>	<u>0,54</u>	<u>4,19</u>	<u>0,026</u>	<u>0,029</u>	<u>0,00007</u>	<u>0,00002</u>	<u>0,00006</u>	<u>0,00012</u>
	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	<u>0,003</u>	<u>0,007</u>	<u>0,41</u>	<u>0,70</u>	<u>0,61</u>	<u>1,91</u>	<u>0,015</u>	<u>0,005</u>	<u>0,00006</u>	<u>0,00001</u>	<u>0,00002</u>	<u>0,00012</u>
	0,001	0,001	0,03	0,06	0,29	0,37	0,004	0,000	0,00002	0,00000	0,00001	0,00004
ОТК	<u>0,002</u>	<u>0,007</u>	<u>0,52</u>	<u>0,52</u>	<u>0,56</u>	<u>1,75</u>	<u>0,006</u>	<u>0,005</u>	<u>0,00006</u>	<u>0,00001</u>	<u>0,00002</u>	<u>0,00003</u>
	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	<u>894</u>	<u>5,18</u>	<u>0,76</u>	<u>0,21</u>	<u>0,76</u>	<u>0,62</u>	<u>0,32</u>	<u>0,067</u>	<u>0,014</u>	<u>0,033</u>	<u>0,005</u>	<u>0,008</u>
	96	0,05	0,08	0,03	0,11	0,05	0,08	0,010	0,003	0,004	0,001	0,002
МК	<u>1771</u>	<u>5,36</u>	<u>0,43</u>	<u>0,07</u>	<u>0,12</u>	<u>0,33</u>	<u>0,09</u>	<u>0,035</u>	<u>0,007</u>	<u>0,007</u>	<u>0,002</u>	<u>0,003</u>
	214	0,06	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,008	0,001	0,002	0,000	0,001
ОТК	<u>1447</u>	<u>5,58</u>	<u>0,41</u>	<u>0,07</u>	<u>0,05</u>	<u>0,30</u>	<u>0,14</u>	<u>0,039</u>	<u>0,009</u>	<u>0,009</u>	<u>0,001</u>	<u>0,004</u>
	225	0,08	0,04	0,01	0,004	0,01	0,03	0,012	0,002	0,003	0,0004	0,001

Продолжение таблицы 5.3.

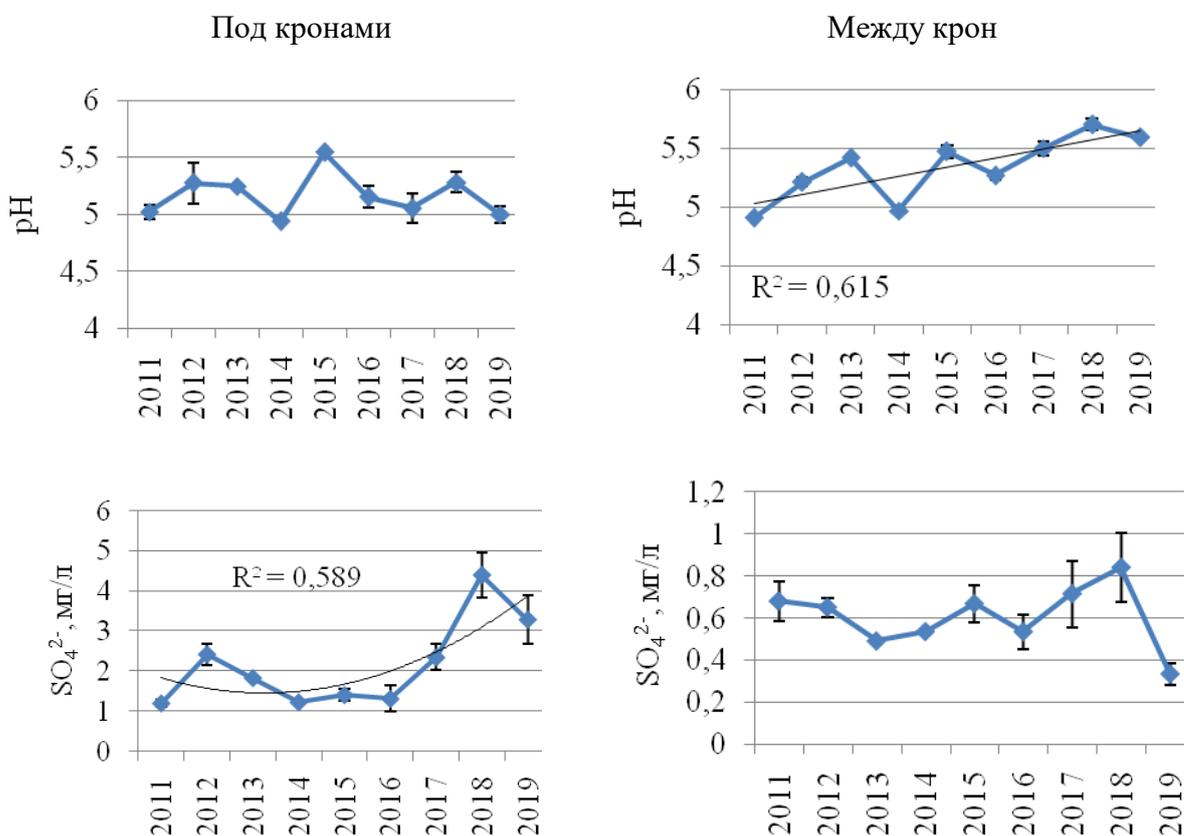
Е-9 (n = 17-23)												
Позиция	Cu	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CL ⁻	C	Si	PO ₄ ³⁻	Co	Cd	Pb	Cr
ПК	<u>0,004</u>	<u>0,134</u>	<u>2,27</u>	<u>0,79</u>	<u>1,01</u>	<u>4,64</u>	<u>0,108</u>	<u>0,077</u>	<u>0,00011</u>	<u>0,00003</u>	<u>0,00010</u>	<u>0,00012</u>
	0,001	0,084	0,25	0,16	0,08	0,54	0,044	0,054	0,00003	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
ОТК	<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	NH ₄ ⁺	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
ОТК	<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
Е-21.5 (n = 17-23)												
Позиция	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
ОТК	<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 – подкروновые пространства, МК – межкروновые пространства, ОТК – открытая территория.

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. 6.2.2.4.1) 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.



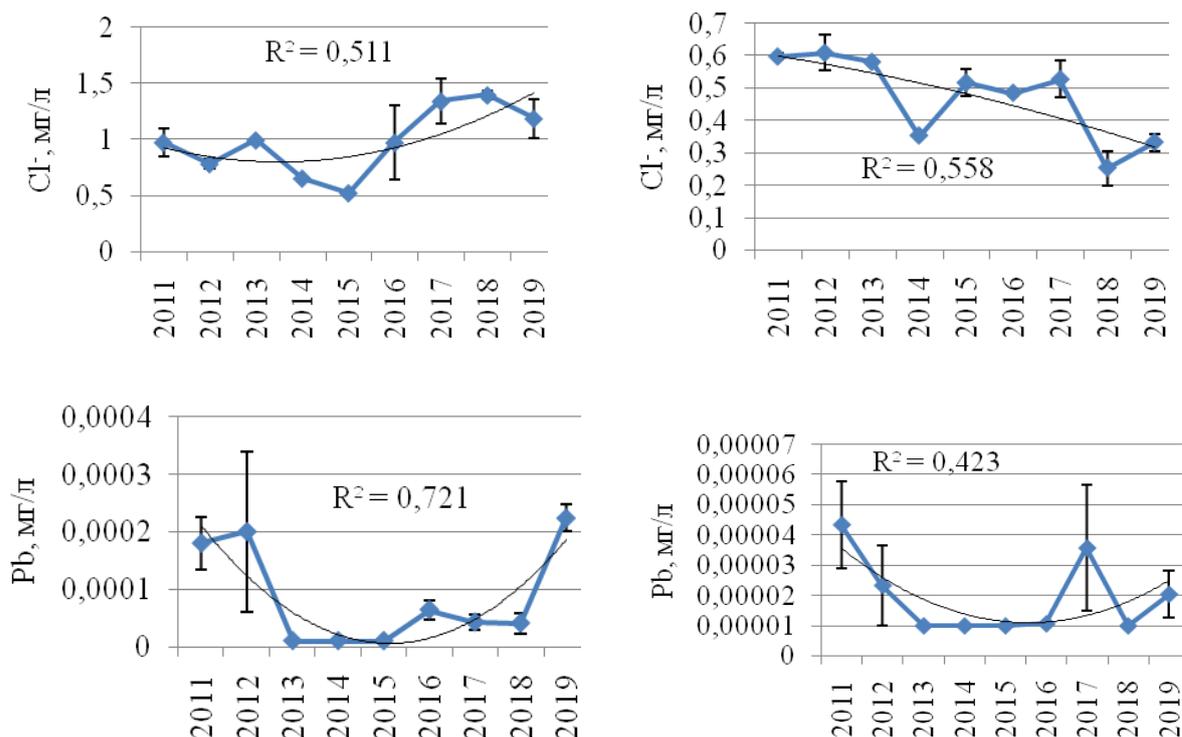


Рис. 6.2.2.4.1. Многолетняя динамика (2011-2019 гг.) pH и состава снеговых вод на площадке Е-9, мг/л.

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. 6.2.2.4.2). Наблюдаются тесные положительные связи между анионами минеральных кислот с одной стороны и основными катионами (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 кроны 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. 6.2.2.4.2). 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 pH 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.

В дождевых водах на ППН Е-21.5 среди всех элементов доминирует углерод, из катионов – кальций и калий, из анионов – сульфаты (табл. 6.2.2.4.2), 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 дождевых водах

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 увеличение 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, 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. 6.2.2.4.2), свинца и кобальта, а также снижение фосфора, железа и алюминия (R_2 варьирует от 0.37 до 0.96).

Таблица 6.2.2.4.2. 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	<u>428</u>	<u>4,24</u>	<u>4,67</u>	<u>1,59</u>	<u>12,91</u>	<u>3,03</u>	<u>8,34</u>	<u>0,289</u>	<u>0,127</u>	<u>0,967</u>	<u>0,049</u>	<u>0,008</u>
	63	0,06	0,33	0,17	1,00	0,26	0,99	0,022	0,011	0,155	0,008	0,001
МК	<u>687</u>	<u>5,52</u>	<u>0,57</u>	<u>0,12</u>	<u>0,54</u>	<u>0,40</u>	<u>0,38</u>	<u>0,058</u>	<u>0,016</u>	<u>0,011</u>	<u>0,002</u>	<u>0,005</u>
	82	0,09	0,07	0,02	0,10	0,04	0,16	0,011	0,003	0,003	0,000	0,001
ОТК	<u>866</u>	<u>5,69</u>	<u>0,96</u>	<u>0,13</u>	<u>0,15</u>	<u>0,32</u>	<u>0,22</u>	<u>0,081</u>	<u>0,018</u>	<u>0,006</u>	<u>0,002</u>	<u>0,005</u>
	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	<u>0,014</u>	<u>1,179</u>	<u>12,42</u>	<u>1,63</u>	<u>6,13</u>	<u>105,10</u>	<u>0,49</u>	<u>0,93</u>	<u>0,00064</u>	<u>0,00039</u>	<u>0,00095</u>	<u>0,00086</u>
	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	<u>0,004</u>	<u>0,144</u>	<u>1,25</u>	<u>0,22</u>	<u>0,50</u>	<u>4,91</u>	<u>0,09</u>	<u>0,12</u>	<u>0,00020</u>	<u>0,00003</u>	<u>0,00008</u>	<u>0,00016</u>
	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	<u>0,008</u>	<u>0,022</u>	<u>1,71</u>	<u>0,46</u>	<u>0,46</u>	<u>4,19</u>	<u>0,03</u>	<u>0,01</u>	<u>0,00011</u>	<u>0,00002</u>	<u>0,00004</u>	<u>0,00039</u>
	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	<u>260</u>	<u>4,01</u>	<u>8,42</u>	<u>2,37</u>	<u>12,81</u>	<u>5,22</u>	<u>8,46</u>	<u>0,502</u>	<u>0,154</u>	<u>0,788</u>	<u>0,080</u>	<u>0,091</u>
	35	0,18	0,84	0,24	0,91	0,64	0,64	0,067	0,018	0,101	0,011	0,013
МК	<u>678</u>	<u>5,60</u>	<u>0,75</u>	<u>0,15</u>	<u>0,44</u>	<u>0,48</u>	<u>0,69</u>	<u>0,068</u>	<u>0,017</u>	<u>0,011</u>	<u>0,002</u>	<u>0,005</u>
	70	0,12	0,09	0,02	0,05	0,08	0,30	0,014	0,004	0,002	0,000	0,001
ОТК	<u>659</u>	<u>5,39</u>	<u>1,45</u>	<u>0,18</u>	<u>0,21</u>	<u>0,42</u>	<u>0,23</u>	<u>0,076</u>	<u>0,020</u>	<u>0,006</u>	<u>0,005</u>	<u>0,009</u>
	79	0,17	0,32	0,02	0,029	0,05	0,05	0,012	0,005	0,001	0,0020	0,001

Продолжение таблицы 5.4

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
ОТК	<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
ОТК	<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
Е-21.5 (n= 29 - 38)												
Позиция	Cu	P	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	CL ⁻	C	Si	PO ₄ ³⁻	Co	Cd	Pb	Cr
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
ОТК	<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 – подкروновые пространства, МК – межкروновые пространства, ОТК – открытая территория.

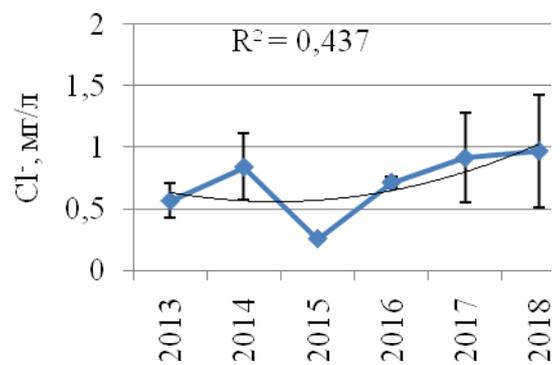
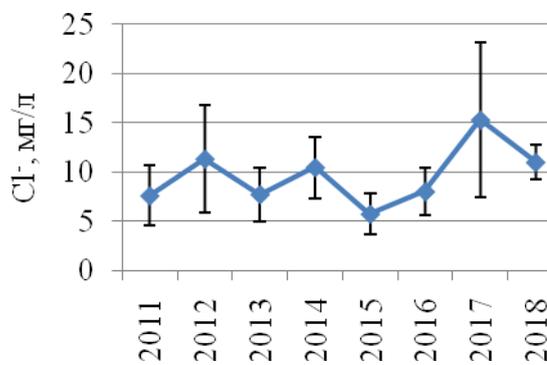
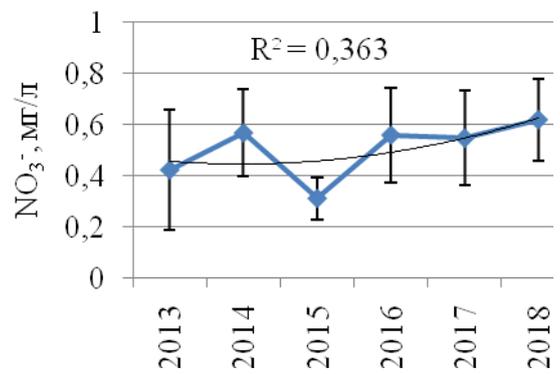
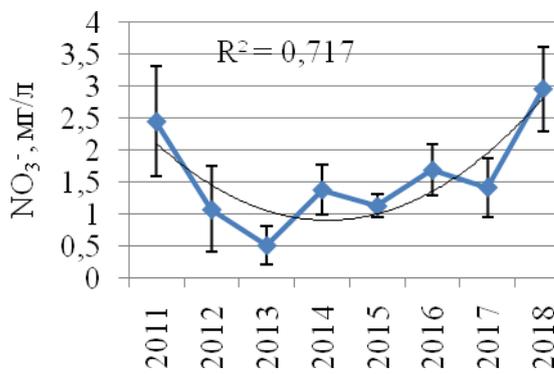
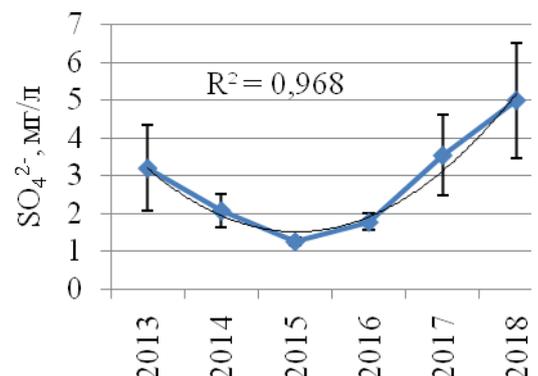
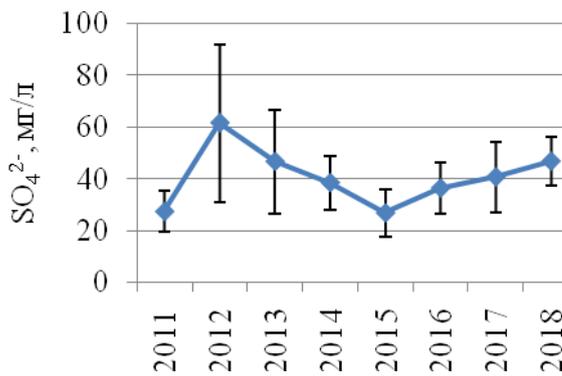
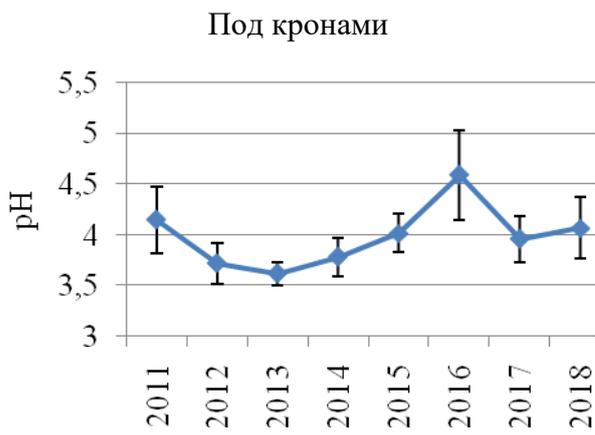


Рис. 6.2.2.4.2. Многолетняя динамика (2011-2019 гг.) pH и состава дождевых вод на площадке Е-9, мг/л

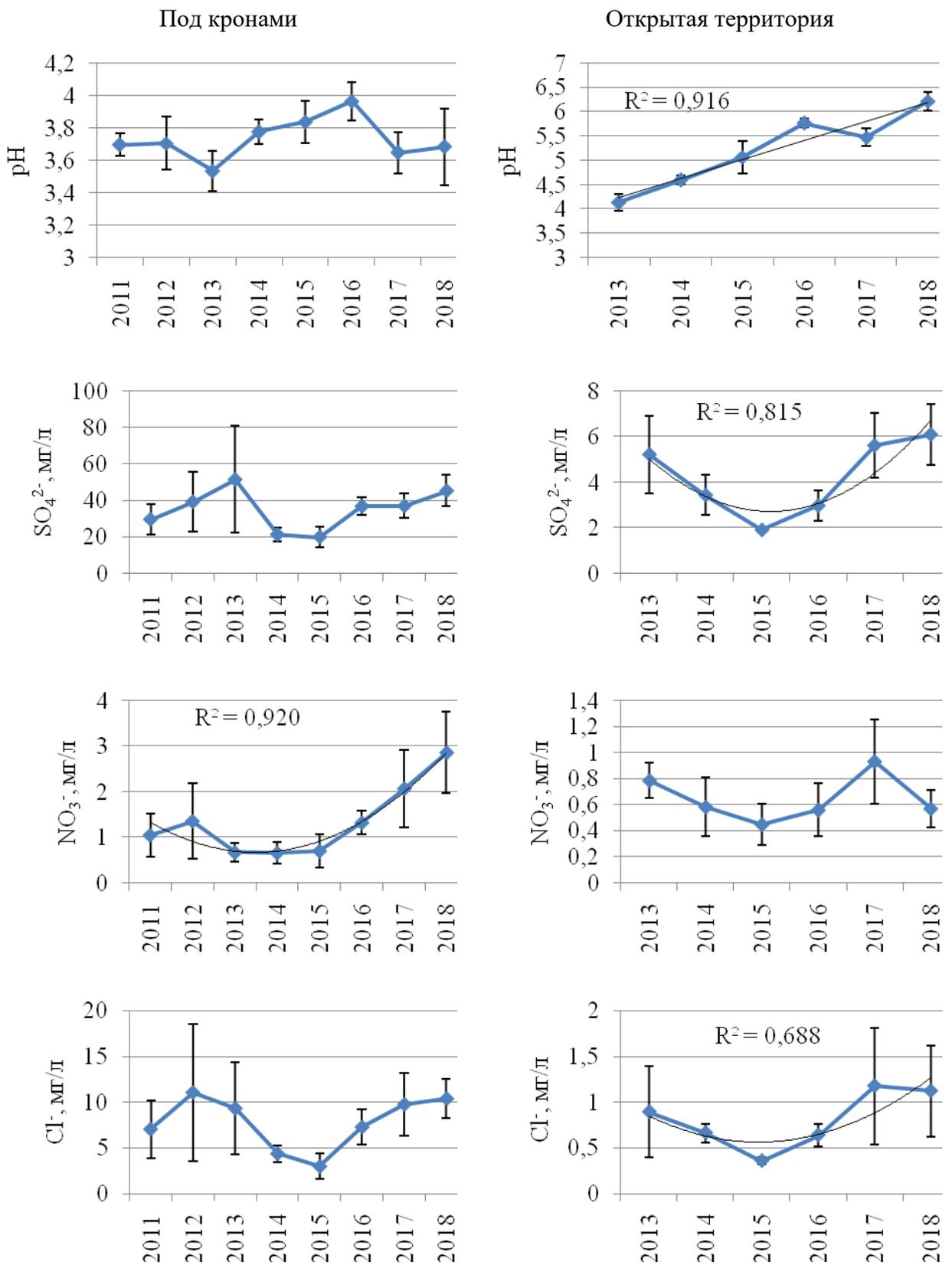


Рис. 6.2.2.4.3. Многолетняя динамика (2011-2019 гг.) pH и состава дождевых вод на площадке E-21.5, мг/л.

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). 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. 6.2.2.4.3).

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

На площадках, расположенных в 30-километровой 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 подкрановых 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 межкрановых 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.

6.2.2.5 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 сусло-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 времени и ультрафиолетового облучения. Однако микроорганизмы могут находиться и сохранять свою жизнеспособность в воздушной среде, особенно на частицах пыли, длительный период времени.

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 [20]. Отмечается прямая зависимость содержания грибных пропагул в воздухе (это в основном споры, имеющие защитные механизмы к неблагоприятным факторам) от их содержания в почве.

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. 6.2.2.5.1). 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 преобладали споровые пигментированные формы, устойчивые к высушиванию и солнечной радиации, что согласуется с результатами ряда других исследований приземного слоя воздуха.

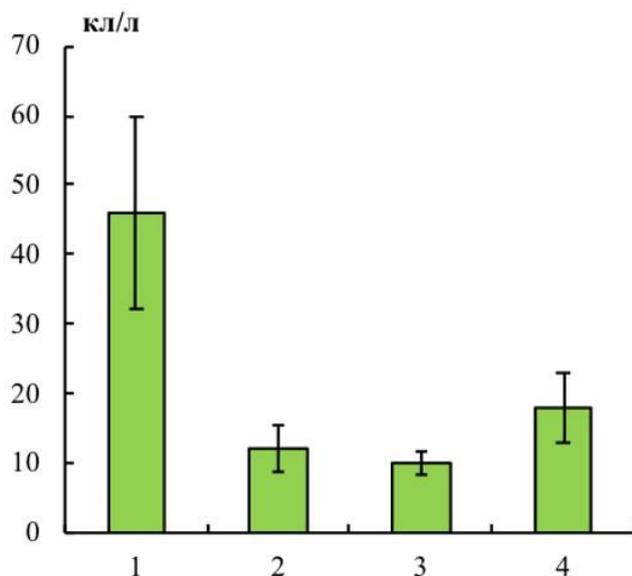


Рис. 6.2.2.5.1 Численность бактерий (кл/м³) в воздухе в зоне воздействия КАЭС:

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

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 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. 6.2.2.5.2.). 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 [21].

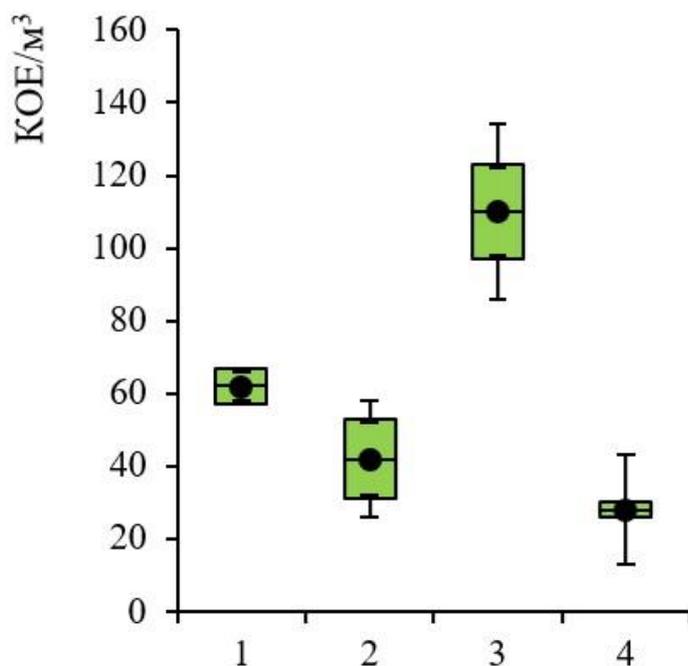


Рис. 6.2.2.5.2. Численность микромицетов – аэриобионтов в зоне воздействия КАЭС, 1 – ельник в 15-км радиусе, 2 – ельник на расстоянии > 100 км, 3 – сосняк в 15-км радиусе, 4 – сосняк на расстоянии > 100 км.

Таксономическое разнообразие микромицетов-аэриобионтов 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. 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-аэриобионтов 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. Вблизи атомной станции видовое разнообразие микромицетов несколько выше, чем на удаленном расстоянии. Степень

сходства видového состава микоконплексов воздушной среды сравниваемых сосняков была несколько меньше, чем для ельников, 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 видového состава микромицетов-аэробиионтов 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 леса на разном расстоянии от атомной станции (рис. 6.2.2.5.3). В целом, видовой 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.

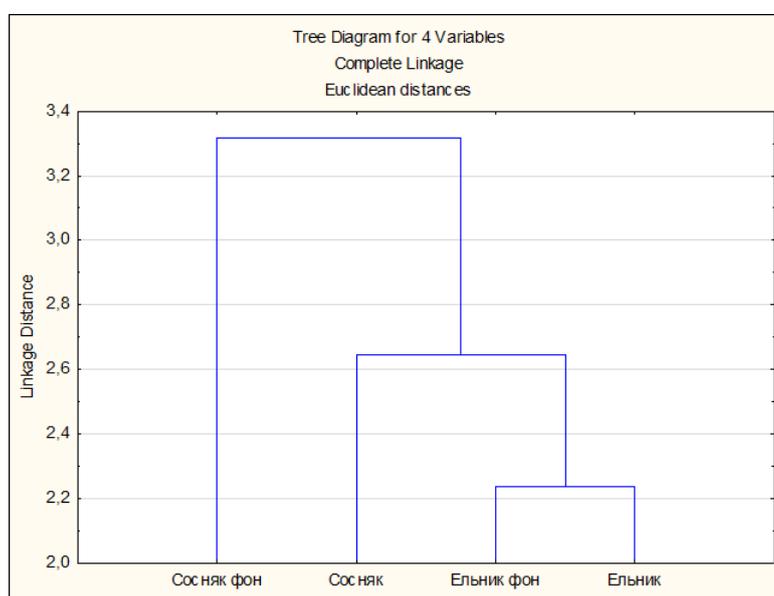


Рис. 6.2.2.5.3 Дендрограмма сходства видového состава микромицетов – аэробиионтов в разных типах леса на разном расстоянии от КАЭС. По оси абсцисс: участки; по оси ординат – процент сходства видového состава по коэффициенту Сьеренсена-Чекановского.

Анализ индекса обилия показал, что вблизи атомной станции комплексы микромицетов-аэробиионтов 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. 6.2.2.5.4.). 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.

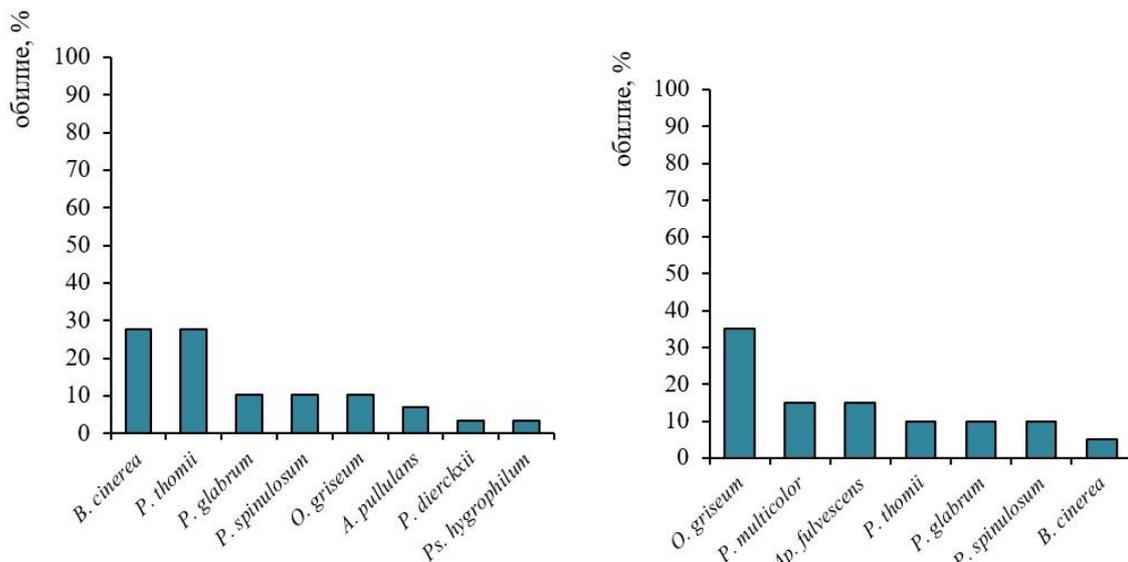


Рис.6.2.2.5.4. Обилие (%) микромицетов в воздухе елового леса. А – 15 км от КАЭС, В – > 100 км от КАЭС.

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. 6.2.2.5.5). 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 *Oidiiodendron griseum* также имел схожее обилие. Можно лишь отметить существенное снижение обилия вида *Pseudeurotium hygrophilum* вблизи атомной станции по сравнению с удаленным участком.

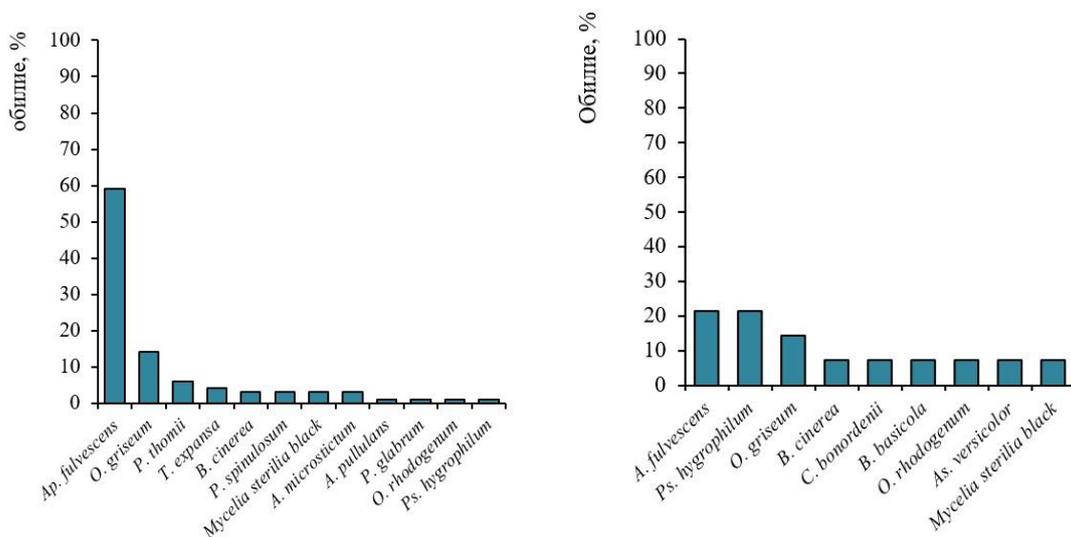


Рис. 6.2.2.5.5. Обилие (%) микромицетов в воздухе соснового леса. А – 15-км радиусе вокруг КАЭС, В – > 100 км от КАЭС.

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. 6.2.2.5.1). 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.

Таблица 6.2.2.5.1. Значения синэкологических индексов для комплексов микромицетов – аэриобионтов в зоне воздействия КАЭС

Участок	Индексы		
	Шеннона (H)	Симпсона (C)	Пиелу (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 [22, 23]. 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 (табл. 5.1.).

Существует множество классификаций, согласно которым микромицеты относят к группе аллергенных [24, 25], патогенных [26] 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.

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. 6.2.2.5.6.).

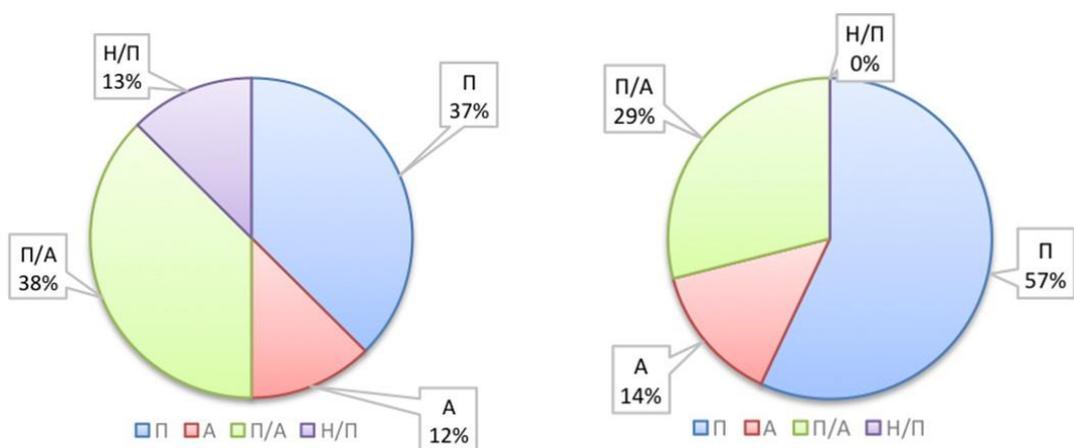


Рис. 6.2.2.5.6. Доля патогенных и аллергенных микромицетов-аэриобионтов в еловом лесу А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – более 100 от КАЭС, П- патогенные, А-аллергенные, П/А – патогенные и аллергенные, Н/П – не патогенные.

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. 6.2.2.5.7.).

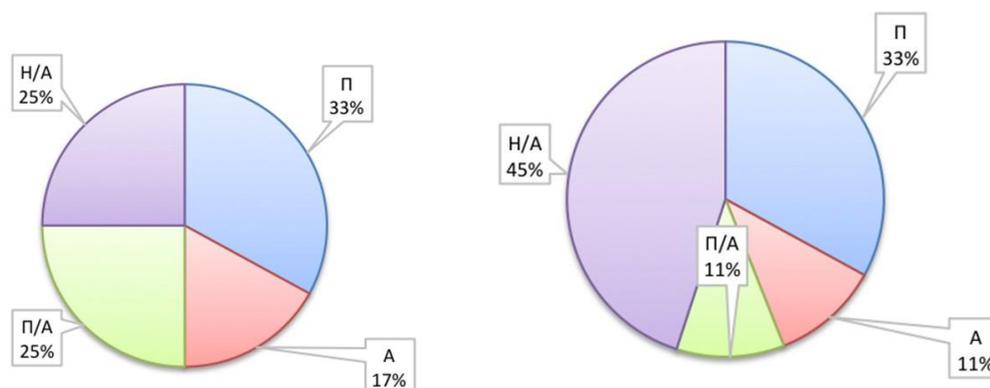


Рис. 6.2.2.5.7. Доля патогенных и аллергенных микромицетов – аэриобионтов в сосновом лесу. А – 15-км радиус вокруг КАЭС, В – более 100 от КАЭС.

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 – аэриобионтов несколько выше, однако значения находятся в пределах нормы для северных лесных экосистем. Выявлены некоторый рост видового разнообразия микромицетов-аэриобионтов 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 [27].

6.3. Характеристика наземных экосистем

6.3.1 Рельеф и геоморфология

Кольская АЭС располагается в юго-западной части Кольского полуострова в пределах Полярнозоринского района Мурманской области на берегу оз. Имандра.

Район размещения Кольской АЭС по характеру рельефа относится к грядово-холмистому типу. Абсолютные отметки поверхности колеблются в пределах 125-400 м. Основным рельефообразующим фактором, наряду с тектоническими процессами, явилась

эрозионная деятельность ледника, обусловившая сильную расчлененность рельефа и образование типичных ледниковых форм [28].

В геоморфологическом отношении площадка Кольской АЭС расположена на северном пологом склоне водораздела между бывшим экзарационным оз. Внутреннее и оз. Имандра с общим уклоном в сторону оз. Имандра.

Микрорельеф района характеризуется широко развитыми формами ледникового генезиса, представленного моренными грядами, озами, камами, чередующимися со значительными по площади сильно заболоченными низинами.

В пределах рассматриваемого района наблюдается значительное количество различных по размеру озер, соединенных между собой протоками. В целом для речной сети и озерных бассейнов характерна их вытянутость в направлении с северо-запада на юго-восток, что связано с основными элементами тектоники Кольского полуострова.

6.3.2 Геологическое строение

В геологическом строении района размещения Кольской АЭС принимают участие метаморфические породы Архейского возраста, прорванные более молодыми интрузиями, и перекрывающие их четвертичные отложения [29].

В пределах рассматриваемой территории какие-либо опасные геологические процессы (карст, оползни и другие склоновые процессы) отсутствуют [30]. В пределах участка изысканий, как и на всей площадке Кольской АЭС, развиты процессы морозного пучения глинистых грунтов, морозное выветривание скальных пород и заболачивание. Заболачивание территории обусловлено близким к поверхности положением водоупора – слаботрепещиноватых скальных пород и низкой фильтрационной способностью плотной супесчаной морены [30].

Схематическая геологическая карта и гидрогеологические разрезы территории КАЭС, включая КПЖРО и ХОРО показаны на рисунке 6.3.2.1.

Архейская система (ARht)

Стратиграфически архейские породы в пределах рассматриваемого района относятся к Беломорской серии, подразделяющейся на две толщи: нижнюю - Керетьскую и верхнюю – Хетоламбинскую.

Породы верхней толщи представлены различными гнейсами, среди которых наиболее широко развиты биотитовые, в меньшей степени амфиболосодержащие гранато-биотитовые и роговообманковые гнейсы и амфиболиты слоистого или массивного сложения. Амфиболиты залегают в толще гнейсов, в виде пластообразных и линзообразных тел различной мощности (2-3 м и более). Кроме гнейсов, широко развитых на территории рассматриваемого района, отмечаются отдельные линзы и дайки основных пород (габбро и габбронориты).

Гнейсы имеют выдержанное северо-восточное простирание 50-70° с азимутом падения северо-запад 300-320°, с пологим углом наклона слоев порядка 15-30°.

В основном складчатое сложение гнейсов осложнено древними разрывными тектоническими нарушениями позднеархейского возраста.

В целом породы массива крепкие, хорошо сохранившиеся без выдержанной зоны выветривания, за исключением отдельных участков в зонах тектонических нарушений,

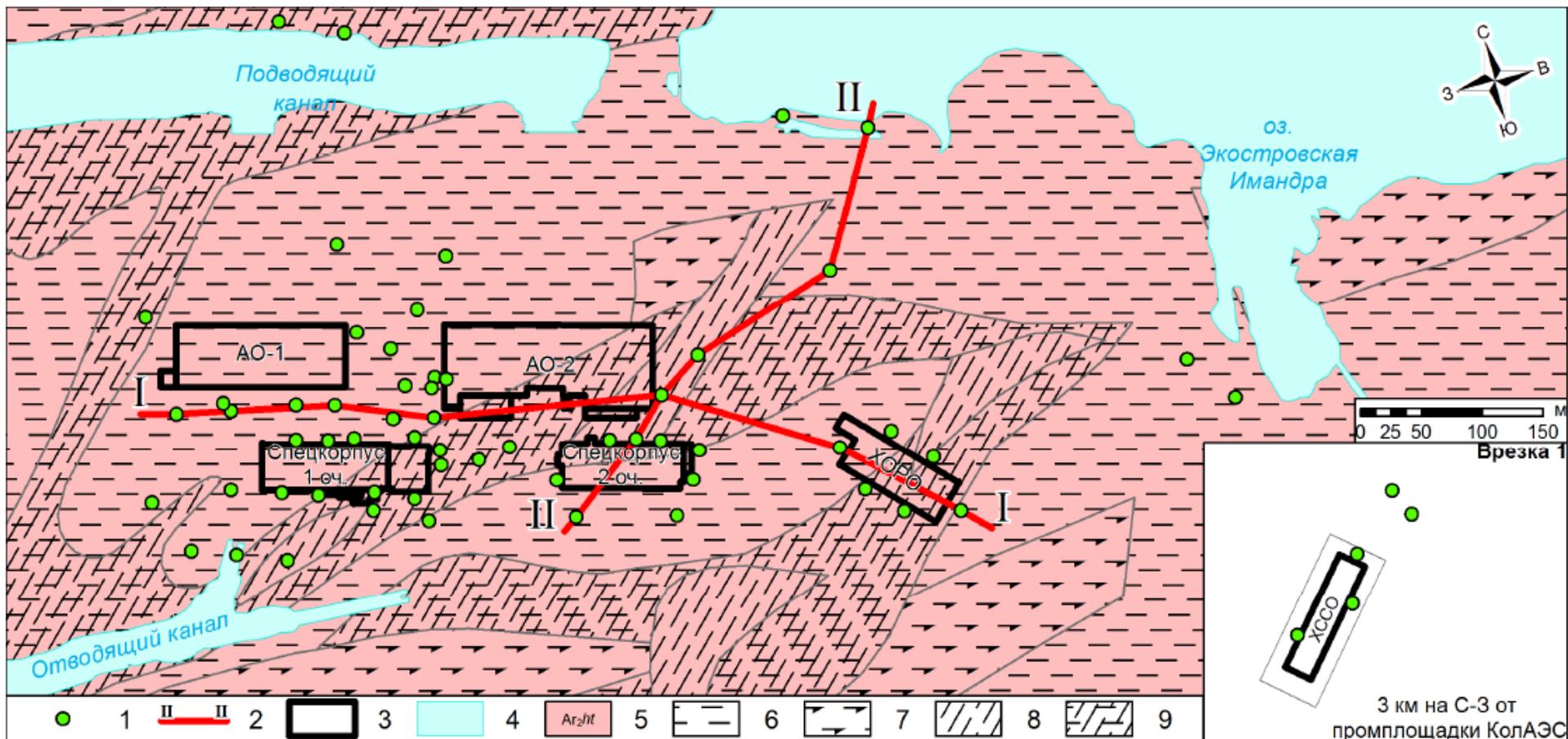
где гнейсы изменены до дресвяно-щебенистого и песчано-суглинистого материала. Мощность ослабленных зон в среднем 0,3-2,0 м. Монолитность скальных пород нарушена трещиноватостью. Трещины преимущественно крутопадающие, заполнены песчаным, глинистым материалом и твёрдыми минералами, преимущественно кварцем. Встречаются также сомкнутые трещины и открытые, не заполненные минеральным веществом. Открытые трещины, служащие путями фильтрации подземных вод, распределены в массиве весьма неравномерно, что подтверждается разбросом коэффициента фильтрации скальных пород. В целом, с глубиной трещиноватость уменьшается [30].

Скальный массив гнейсов осложнён также древними разрывными нарушениями. В пределах района размещения АЭС прослеживаются два таких тектонических нарушения (часть гребня) имеющие субширотное направление простирания с депрессиями между губой Широкой и губой Глубокой озера Имандра – северный и южный – с депрессией оз. Внутреннего (отводящий канал). Эти полосы тектонического изменения пород имеют ширину 60-100 метров и прослежены буровыми и геофизическими работами [30, 31].

В зонах тектонических нарушений отмечается разрушение скальных пород с изменением их физико-механических свойств от частичного (катаклазированные гнейсы) до полного, с переходом скальных пород в песчано-глинистые грунты (катаклазиты) [29].

Катаклазированные гнейсы образуют моноклиналильные структуры с падением слоев в северном направлении под углом в 20-40° и простиранием В-СВ 100-110°, осложнённые разрывными тектоническими нарушениями позднеархейского возраста.

Катаклазированные гнейсы представляют собой преимущественно крепкие породы разной степени трещиноватости (ориентированной без всякой закономерности в зоне разрыва слоёв). В целом порода, несмотря на явно нарушенное залегание, представляет скальный массив. Катаклазированные гнейсы отличаются от невыветрелых гнейсов несколько большей трещиноватостью, наличием ослабленных зон, выполненных гнейсами, разрушенными до состояния глин. По литологическому составу это глины, суглинки, с дресвой и щебнем, участками это щебень и дресва с обломками менее изменённых гнейсов разной крепости. Вскрытая мощность пород этой зоны достигает 16 метров [31].



1 – скважины наблюдательной сети; 2 – линия разреза; 3 – основные производственные объекты АЭС; 4 – поверхностные водоёмы; 5 – породы хетоламбинской толщи; 6 – биотитовые гнейсы; 7 – амфиболиты; 8 – катаклазиты; 9 – катаклазированные биотитовые гнейсы

Рисунок 6.3.2.1 – Схематическая геологическая карта территории Кольской АЭС

При строительстве объектов КАЭС в рамках проведения геологоразведочных работ были проведены геофизические исследования с целью определения глубины залегания скальных пород и выделения в них зон тектонических нарушений. Было проведено вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) показавшее, что кровля архейских пород, представленных гнейсами, наиболее разрушена в верхней своей части. Мощность наиболее выветрелой зоны составляет 2-5 метров [30].

Геологоразведочные работы так же показали, что наибольшая трещиноватость архейских пород наблюдается до глубин 10-20 м (реже 30-40 м), где чередование пород различной степени разрушенности сменяется массивным слабо трещиноватым гнейсом. В зоне разломов, а также в зоне выветривания скальные породы трещиноваты до глубины 50-100 м [31-35]. Наличие сложной тектоники и эрозионное воздействие ледника сформировали крайне расчленённую кровлю коренных пород со сложным микрорельефом. Выходы коренных пород на поверхность наблюдаются повсеместно, в том числе и на заболоченных участках [36, 37].

В местах сопряжении тектонических нарушений различных направлений выделяется зона развития катаклизмов - пород, в которых структура породообразующих минералов полностью разрушена под влиянием динамометаморфизма с последующими изменениями физико-химическими процессами до состояния дресвяно-суглинистого материала.

Четвертичные отложения (Q)

Четвертичные отложения на рассматриваемой территории распространены повсеместно и характеризуются весьма неравномерной мощностью от нескольких десятков сантиметров до 18 м (в депрессии губа Глубокая - губа Широкая), что связано со сложным рельефом кровли коренных пород.

Четвертичные отложения района по возрасту и генезису подразделяются на ледниковые (QII), позднеледниковые (QIII) и послеледниковые отложения (QIV).

В пределах района верхнечетвертичный отдел (QIII) представлен моренными, флювиогляциальными и озерно-ледниковыми отложениями.

Наиболее древними образованиями этого отдела являются отложения основной морены последнего (Карельского) оледенения. Эти отложения характеризуются широким, но неравномерным развитием: на вершинах возвышенностей они полностью размыты, на склонах и в понижениях рельефа достигают большой мощности.

Верхняя часть основной морены, размытая водами позднеледникового моря, выделяется как "абрадированная" морена. Абрадированная морена постепенно переходит в основную с меньшим количеством валунов и супесчано-песчаным заполнителем. Литологический состав основной морены отличается большим разнообразием: количество гравийно-галечникового и валунного материала обычно варьирует от – 25 % до 60 %, размеры валунов изменяются от десятков сантиметров до 1,5-2 м в поперечнике. Заполнитель представлен супесями и песками различной крупности с преобладанием пылеватых песков.

Флювиогляциальные отложения приурочены к камовым холмам и озовым грядам. В районе промплощадки имеют ограниченное распространение (западнее оз. Внутреннее). В верхней части камовых холмов, до глубины 1,5 м, наблюдается скопление валунно-

галечникового материала, ниже залегают пески преимущественно мелкозернистые с включением гравия, гальки, валунов.

Озерно-ледниковые отложения имеют ограниченное распространение, представлены слоистыми песками мелкими и гравийно-галечниковыми отложениями, вскрытыми на южном берегу губы Глубокой. Мощность – 2,5 м.

К современным образованиям района промплощадки относятся озерные отложения и торф. Озерные отложения приурочены к прибрежной и донной частям современных озер. Песчаные косы и пляжи, сложенные хорошо сортированными мелкозернистыми песками, развиты в губах Молочная, Глубокая, Широкая и Безымянная, где они занимают ограниченные по площади участки. Мощность колеблется от нескольких сантиметров до 3 м.

Донные отложения губ Молочная, Глубокая, Широкая, Безымянная и оз. Внутреннее представлены песками мелкозернистыми глинистыми, супесями, ленточными суглинками и илами. Мощность песков колеблется от 1 до 5,3 м. Супеси встречаются реже, чем пески, мощностью от 0,7 до 1 м. В губе Глубокая ниже супеси вскрыты ленточные суглинки мощностью 2 м. Озерные илы широко развиты в губе Глубокая и оз. Внутреннее. Мощность меняется от нескольких десятков сантиметров до 7,5 м.

Среди современных образований наиболее широким развитием характеризуется торф. Торфяные болота приурочены обычно к понижениям рельефа, но встречаются также на пологих склонах и плоских вершинах возвышенностей.

Торф обычно слабой, реже средней степени разложения. Мощность торфа меняется обычно от 0,3 до 3 м.

6.3.3 Гидрогеологические и сейсмотектонические условия

Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия характеризуются наличием двух гидравлически связанных между собой водоносных горизонтов: порово-пластового горизонта подземных вод четвертичных отложений (грунтовые воды) и горизонта подземных вод трещиноватых скальных пород.

Грунтовые воды приурочены к торфам и моренным отложениям: пескам различной крупности с гравием, галькой, валунами и гравийно-галечно-валунным отложениям с песчано-супесчаным заполнителем, сообщаются с трещинными водами скальных пород и имеют единую свободную поверхность. Глубина залегания зеркала грунтовых вод не превышала 0,5-1,5 м (абсолютные отметки 131,3-132,3 м).

Питание горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков, в меньшей степени за счет подтока из озер, в годовом цикле наблюдаются два подъема уровня грунтовых вод: в период весеннего снеготаяния (май-начало июня) и осенний период (сентябрь-октябрь). Минимальные уровни - в январе-феврале и июле-августе. Амплитуда колебания уровня составляла в среднем 1-3 м, на заболоченных участках не превышала 0,2 м. Воды безнапорные. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород (морены), учитывая, в основном, мелкопесчаный характер заполнителя, в среднем составляет 1,0 м/сут, при среднезернистом песчаном заполнителе - 8 м/сут.

По химическому составу грунтовые воды относятся преимущественно к гидрокарбонатно-натриево-кальциевому типу, реже к гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридному и гидрокарбонатно-хлоридному типам с минерализацией от 0,04 до 0,7 г/л -

пресные, очень мягкие. Воды слабоагрессивны к бетону марки W4 в грунтах с коэффициентом фильтрации более 0,1 м/сут по бикарбонатной щелочности и водородному показателю.

Трещинные воды коренных пород заключены в верхней трещиноватой зоне гнейсов и амфиболитов архея мощностью, обычно не превышающей 50-60 м от поверхности, даже в местах тектонических нарушений имеют, как правило, свободное зеркало, единое с грунтовыми водами. Колебания уровня воды в естественных условиях идентичны колебаниям уровня грунтовых вод, амплитуда колебания составляла - 2-3 м. Питание осуществлялось, в основном, за счет осадков, в меньшей степени грунтовыми водами. Коэффициенты фильтрации скальных пород в ненарушенном залегании порядка 1 м/сут, для катаклазированных гнейсов - до 10-20 м/сут.

По химическому составу трещинные воды, в основном, гидрокарбонатные кальциево-натриевые, пресные с минерализацией 0,05-0,15 г/л, очень мягкие и мягкие. Воды слабоагрессивны к бетону марки W4 в грунтах с коэффициентом фильтрации более 0,1 м/сут. по бикарбонатной щелочности, водородному показателю и содержанию агрессивной углекислоты.

Строительные работы на площадке и эксплуатация станции привели к изменению планировки площадки, к снижению уровня подземных вод в результате водоотвода и появлению дренажного эффекта строительных котлованов.

Температурный режим подземных вод формируется в зависимости от температур воздуха и водовмещающих грунтов, а также теплового влияния АЭС. Максимальная температура подземных вод повысилась с 6°C (в естественных условиях) до 18,6 °C.

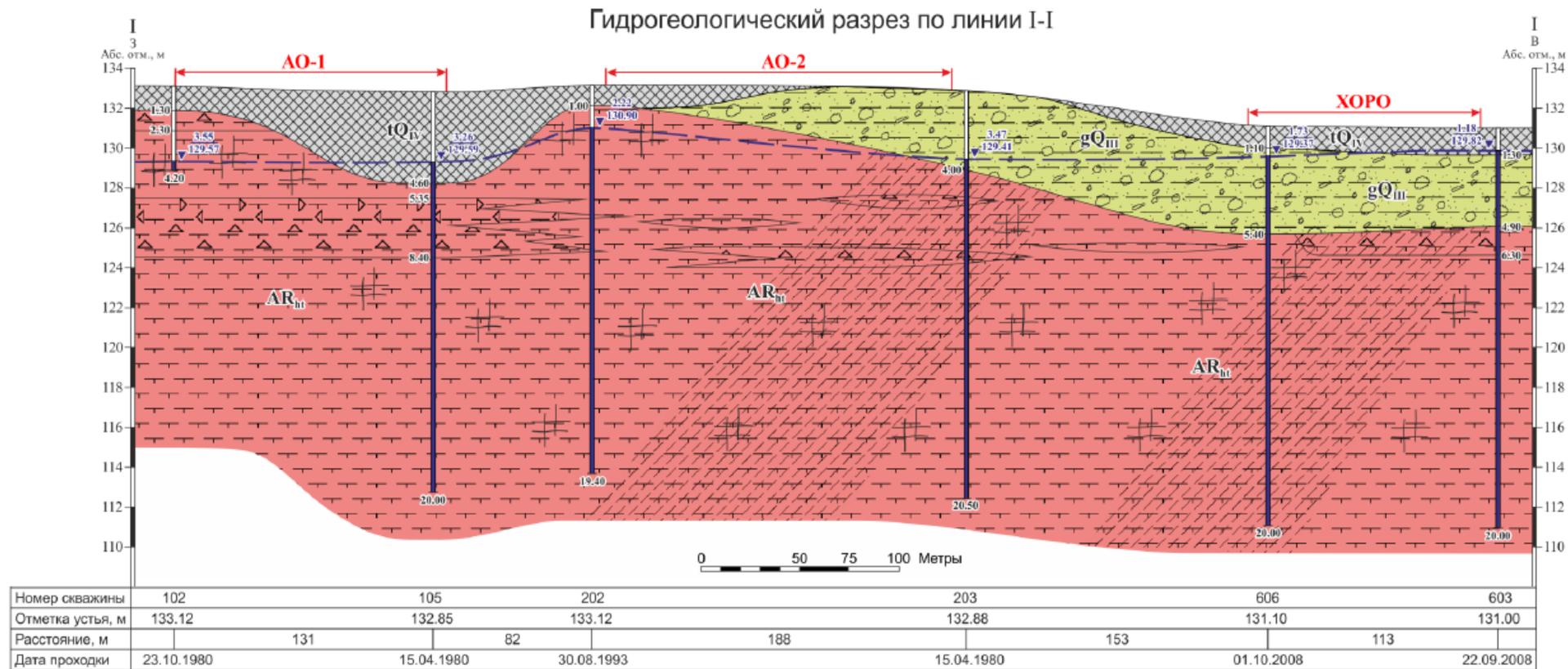
В химическом составе подземных вод наблюдается увеличение минерализации, общей жесткости, содержания сульфатов и свободной агрессивной углекислоты, что влечет за собой увеличение коррозионной агрессивности среды по отношению к бетону до среднеагрессивной.

Подземные воды на территории промплощадки обладают переменной степенью агрессивного воздействия воды-среды к бетонам нормальной плотности от неагрессивных до слабоагрессивных по водородному показателю рН и содержанию свободной углекислоты - от неагрессивных до слабоагрессивных.

В районе спецкорпуса подземные воды обладают агрессивным воздействием слабой степени к бетонам конструкций по содержанию свободной углекислоты.

Практически все сооружения станции размещаются в скальном массиве, разбитом тектоническими процессами на системы трещин различной ориентировки и величины, с наличием или без заполнителя, а также присутствием в разрезе крутопадающих субширотных разломов, в пределах которых имеются перетертые до супесчано-суглинистого материала породы (катаклазиты) фактической мощностью до 30 метров.

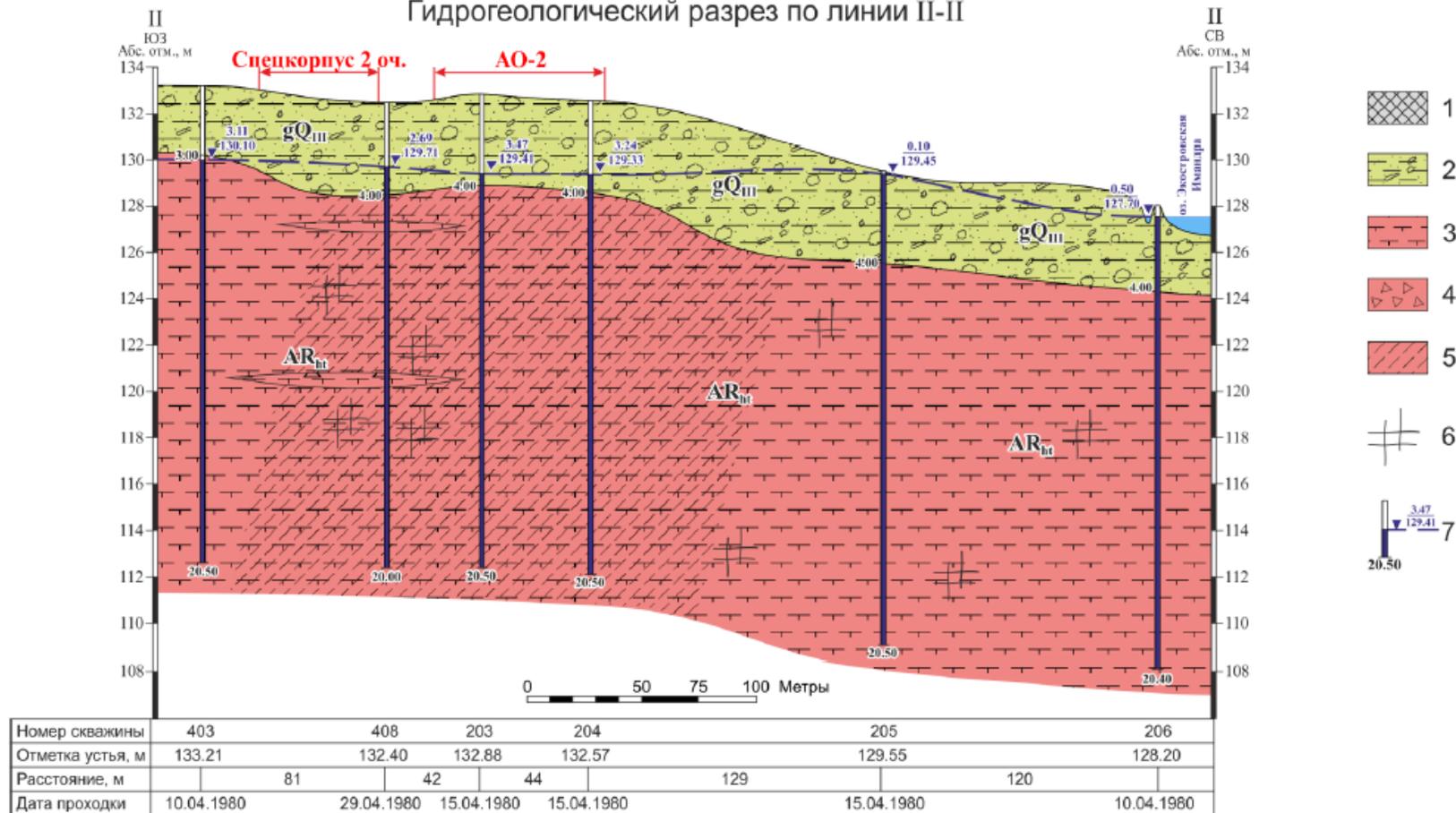
Схематические гидрогеологические разрезы территории КАЭС, включая зоны размещения КПЖРО и ХОРО, показаны на рисунках 6.3.3.1 - 6.3.3.2.



1 – техногенные породы (tQIV); 2 – моренные отложения (gQIII); 3 – гнейсы; 4 – сильнотрещиноватые и дресвяно-щебенистые породы; 5 – катаклазированные породы; 6 – зоны сильной трещиноватости; 7 – наблюдательная скважина, УГВ: вверху – глубина до воды, внизу – абсолютная отметка.

Рисунок 6.3.3.1 – Гидрогеологический разрез промплощадки Кольской АЭС по линии I-I

Гидрогеологический разрез по линии II-II



1 – техногенные породы (tQ_{IV}); 2 – моренные отложения (gQ_{III}); 3 – гнейсы; 4 – сильнотрещиноватые и древесно-щебенистые породы; 5 – катаклазированные породы; 6 – зоны сильной трещиноватости; 7 – наблюдательная скважина, УГВ: вверху – глубина до воды, внизу – абсолютная отметка

Рисунок 6.3.3.2 – Гидрогеологический разрез промплощадки Кольской АЭС по линии II-II

Фильтрационные свойства пород

Оценка фильтрационных свойств водовмещающих пород проводилась на территории КАЭС неоднократно. Параметры водоносного горизонта были определены по восстановлению уровня и составили 0.3-0.6 м/сут. [30]. В ходе проведения изыскательских работ ФГУПП «Гидроспецгеология» для обоснования проектирования хранилища ЖРО были определены следующие коэффициенты фильтрации: для флювиогляциальных песчано-гравийно-галечных отложений коэффициент фильтрации составляет 2-8 м/сут (реже до 25 м/сут); для трещинно-жильных вод коренных пород коэффициент фильтрации варьирует в пределах 0.04-4.0 м/сут [29, 38].

Коэффициент фильтрации при лабораторном определении в сильнотрещиноватых гнейсах составляет 3.9 м/сут, слаботрещиноватых гнейсов – 0.036 м/сут [39]. Коэффициенты фильтрации скальных пород в ненарушенном залегании составляют около 1 м/сут, для катаклазированных гнейсов – до 10-20 м/сут.

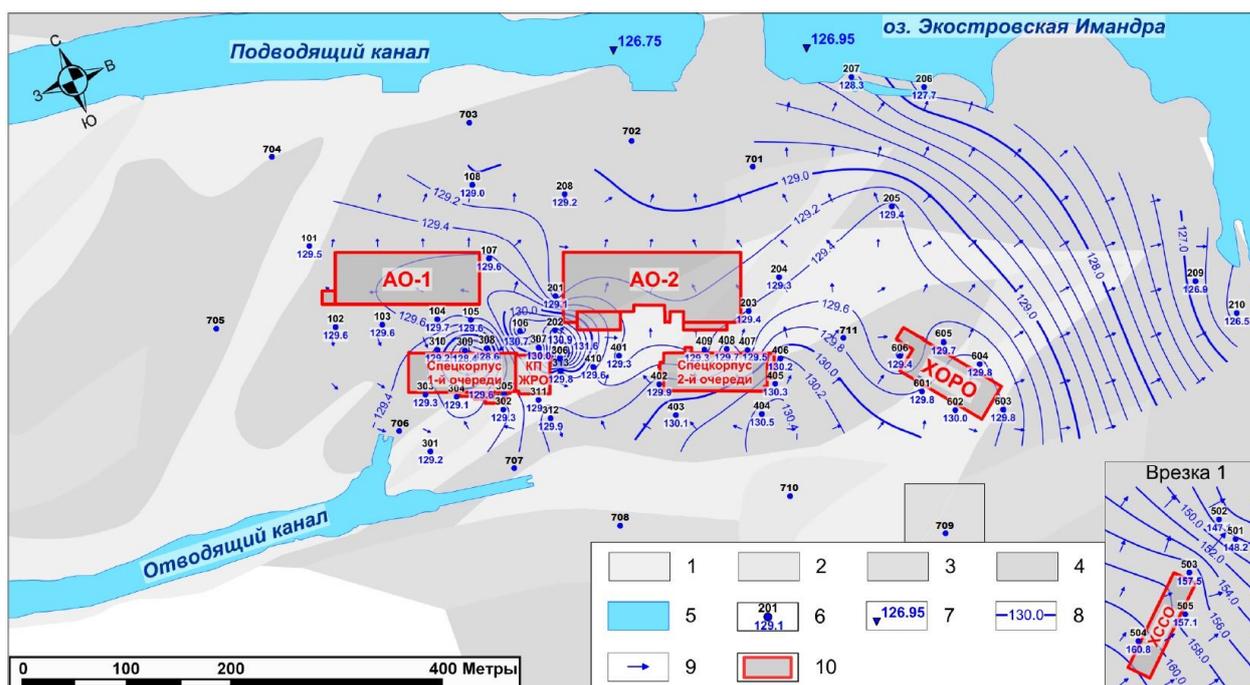
Таким образом, можно заключить, что трещинно-грунтовый водоносный пласт характеризуется очень высокой фильтрационной неоднородностью, как в плане, так и в разрезе. Фильтрационная неоднородность в плане обусловлена, прежде всего, наличием в пределах территории исследований зон распространения катаклазитов (Рисунок 6.3.3.1), а также линейных зон повышенной трещиноватости, приуроченных к отдельным разрывным нарушениям. Вертикальная фильтрационная неоднородность коренных пород обусловлена затуханием трещиноватости с глубиной. Таким же образом, выделение зон с различными фильтрационными параметрами осложнено тем, что катаклазированные гнейсы образуют моноклиальные структуры с крутыми (20-40°) углами падения в северном и северо-западном направлениях [29].

Уровень грунтовых вод

Наблюдения за уровнем грунтовых вод проводятся по 65 скважинам с частотой 1 раз в месяц. Пространственная структура геофильтрационного потока территории Кольской АЭС характеризуется картой-схемой гидроизогипс, построенной по данным замеров уровней в скважинах сети ОМСН, осредненных за период с 2010 по 2012 гг. (Рисунок 6.3.3.3). Из указанного рисунка видно, что грунтовый поток характеризуется сложной пространственной структурой. Общее направление движения грунтового потока с юга на север: от поверхностного водораздела к водоёму-охладителю. Между КП ЖРО и АО-2 наблюдается локальный максимум УГВ. Со стороны северной части спецкорпуса 1-й очереди наблюдается локальный минимум УГВ (скв. №№ 308, 309). Такую аномалию, вероятнее всего, можно объяснить наличием локального массива слабопроницаемых пород, приводящего к гидроизоляции наблюдательных скважин [40].

Незначительная положительная аномалия в юго-западной части АО-1, предположительно, может быть вызвана поступлением воды из отводящего канала, однако отсутствие наблюдательных скважин к юго-западу от АО-1 (кроме скважин, в которых фиксируется аномалия) не позволяет достоверно это установить. Также следует отметить наличие аномалий в скважинах, находящихся в непосредственной близости от оз. Йокостровская Имандра (скв. №№ 206, 207, 209, 210). В скважинах №№ 206 и 207, расположенных в 6 м от озера, фиксируются уровни выше уровня озера на 0.7 и 1.3 м, соответственно. В скважинах №№ 209 и 210, расположенных в 30-35 м от озера, напротив,

фиксируются аномально низкие уровни: ниже уровня в озере на 0.05 и 0.45 м, соответственно.



Условные обозначения: **1** – катаклазированные биотитовые гнейсы; **2** – катаклазиты; **3** – амфиболиты; **4** – биотитовые гнейсы; **5** – поверхностные водоемы; **6** – наблюдательная скважина и её номер. **7** – а.о. уровня поверхностных водоемов; **8** – гидроизогипсы; **9** – траектории грунтового потока; **10** - основные производственные объекты АЭС.

Рисунок 6.3.3.3 - Схематическая карта гидроизогипс, построенная по данным, осреднённым за период с 2010 по 2012 гг.

Оценка изменения уровня подземных вод за 2019 год проведена по 2 площадкам: спецкорпус 1-ой очереди (ОСК-1), примыкающий к КПЖРО, и площадка размещения ХОРО.

Изменения уровня подземных вод в пределах этих площадок отражены на графиках (рисунки 6.3.3.4 – 6.3.3.5).

На площадке ОСК-1, по данным за 2019 год, в скважинах 303, 706 708 начиная с июня отмечается увеличение абсолютных отметок уровня, которое составляет от 0,2 до 0,5м. В остальных скважинах 1-ой очереди уровень подземных вод находился в пределах ежемесячных значений (рисунки 6.3.3.4 – 6.3.3.5).

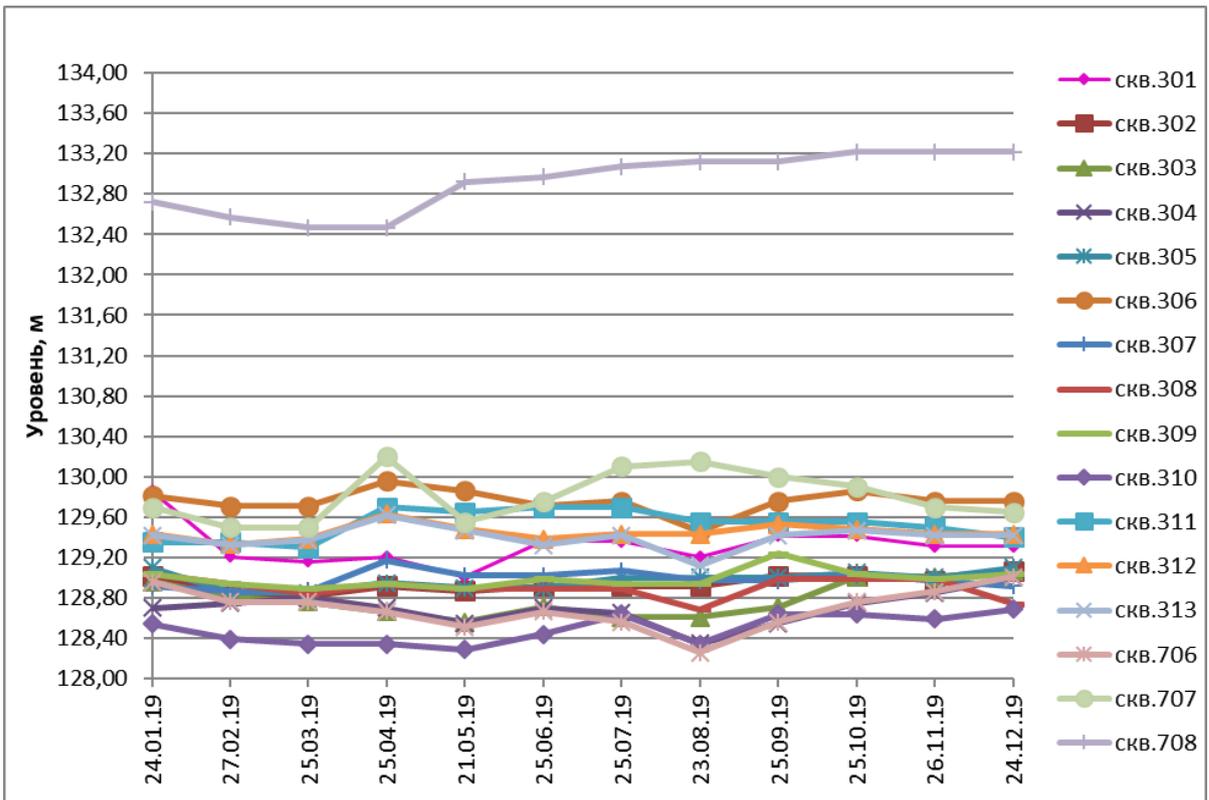


Рисунок 6.3.3.4 - Уровень грунтовых вод за 2019 г. в скважинах вокруг КПЖРО и ОСК 1 очереди Кольской АЭС.

На площадке размещения ХОРО наблюдения за состоянием подземных вод ведутся с 2010 г. Уровень подземных вод, наблюдаемый в течение 2019 году, также, как и на площадке КПЖРО, оказался несколько выше в летний период, чем в зимний (рисунок 6.3.3.5).

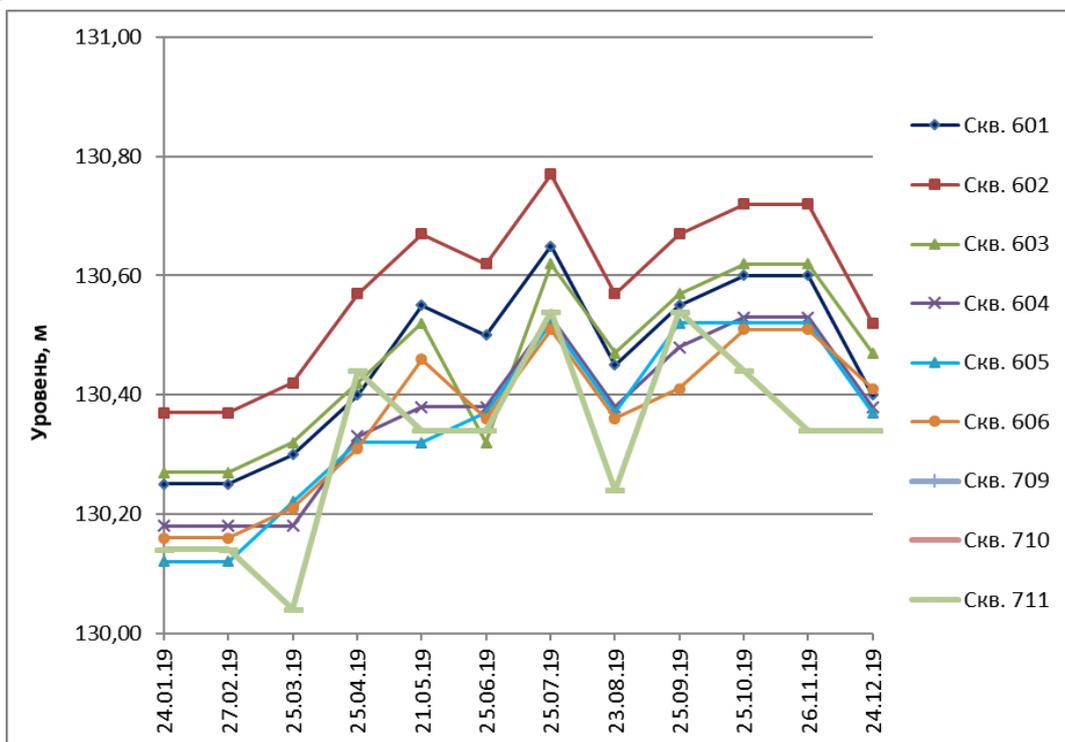


Рисунок 6.3.3.5 - Уровень грунтовых вод за 2019 г. в скважинах вокруг ХОРО.

Общее увеличение уровня подземных вод на промплощадке Кольской АЭС в 2019 году может быть связано с большим количеством выпадавших осадков, как в зимний, так и в летний период.

Сейсмичность района расположения КАЭС

Основные черты рельефа района расположения КАЭС обусловлены сложной системой тектонических блоков, поднятых на различную высоту и усложненных на новейшем этапе геолого-тектонического развития. Угловатые прямолинейные очертания большинства морфоструктур, при наличии большого числа прямолинейных второстепенных элементов рельефа, тесно связанных с разломами, свидетельствует о ведущей роли вертикальных движений земной коры в новейшем этапе.

В районе расположения КАЭС выделяется ряд новейших тектонических структур разного порядка, сформировавшихся в результате дробления мезозойской поверхности выравнивания. Новейшие тектонические структуры, такие как отдельные блоки Балтийского щита, в среднем характеризуются одинаковой интенсивностью и направленностью неотектонических движений.

Наиболее поднятой и резко дифференцируемой структурой I порядка является Западно-Кольская неотектоническая структура (амплитуда поднятия 300-800 м).

К умеренно поднятым неотектоническим структурам I порядка относятся Северо- и Западно-Карельские структуры (амплитуды поднятия 200-300 м).

Группа слабоподнятых структур первого порядка включает Восточно-Кольскую и Центральную-Карельскую структуры. Для структур этой группы характерны слабые и очень слабые темпы и амплитуды поднятия (0-200 м) с высокой степенью дифференцированности движения. К этой группе относится терская структура, в пределах которой расположена промплощадка КАЭС.

Дифференцированно погруженной новейшей структурой I порядка является Беломорская структура, охватывающая впадину Белого моря и его западное побережье.

Все новейшие структуры района расположения КАЭС, в главных чертах, в плане повторяют архейско-протерозойские структуры фундамента. Границами новейших блоковых структур являются древние разломы субмеридионального, диагонального и частью субширотного направления, обновленные в настоящее время [40].

По данным инструментальных геодезических измерений современные движения по району расположения КАЭС проявляются крайне неравномерно. Установлено проседание земной поверхности в районе г. Апатиты со скоростью 1,0 – 1,5 мм/год, в районе г. Кандалакша – опускание со скоростью 4 мм/год. На линии Кандалакша-Ковда зафиксированы контрастные движения с амплитудой +14,6 мм за 1977-1979 годы и 13,9 мм за 1979-1981 годы. На линии Кандалакша-Кировск скорости современных движений +2,5 мм, в пределах котловины оз. Имандра скорости относительных поднятий и погружений в пределах от +1 до –1 мм/год. В Мурманской области известны довольно сильные землетрясения с $M = 5-5,5$, ощущавшиеся силою до 5-7 баллов (глубина очагов 15-30 км.). За период с 1942 по 1983 годы общее число зарегистрированных землетрясений составило 179, по инструментальным данным - 132. На территории промплощадки КАЭС наиболее сильные землетрясения ощущались силою около 4 баллов (02.05.60 и 20.05.67 с $M=4-4,8$). По статистике макросейсмических исследований

землетрясений на территории промплощадки КАЭС ощущалось 4 землетрясения 3-4 баллов за период с 1911 по 1983 годы.

В соответствии с тектонической схемой Кольского полуострова и Карелии (по С.И. Макиевскому) территория Кольской АЭС расположена в пределах Кандалакшского антиклинория одной из основных мегазон – Кольского мегасинклинория (рис. 6.3.3.6).

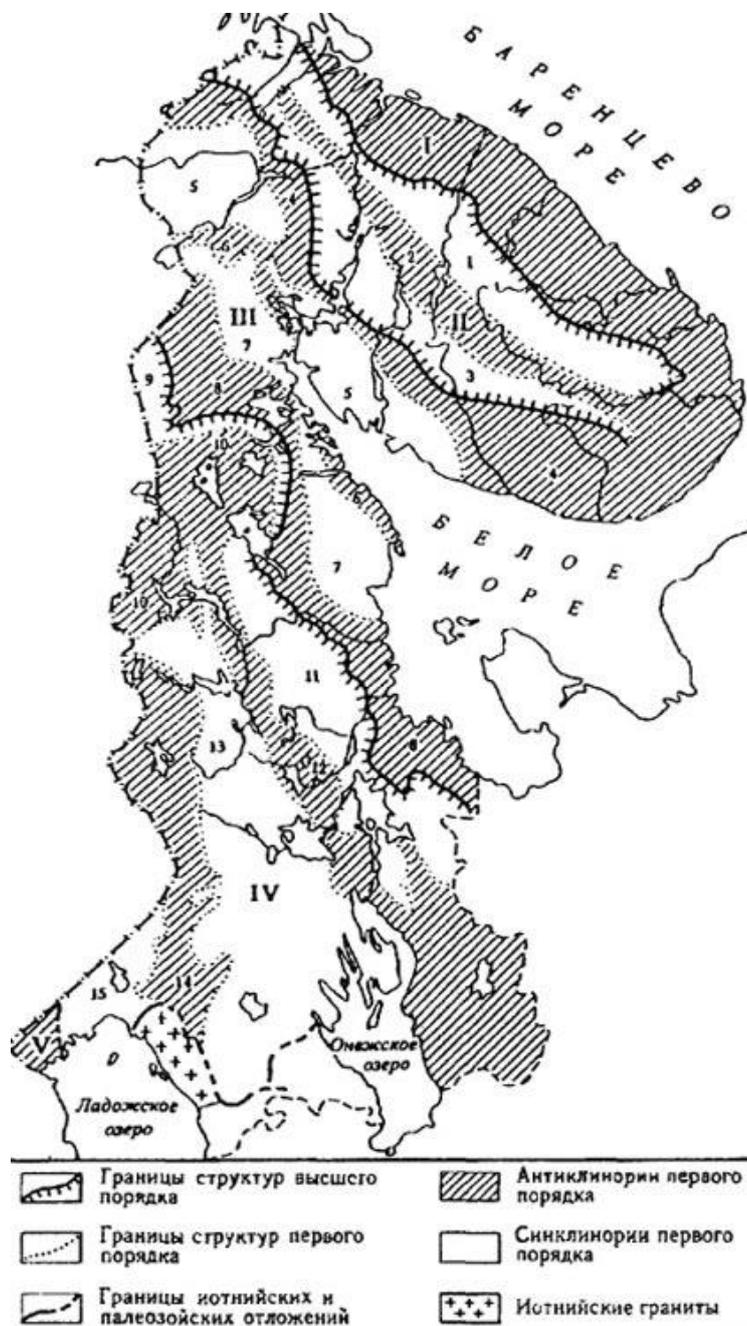


Рисунок 6.3.3.6 - Тектоническая схема Кольского полуострова и Карелии (по С.И. Макиевскому)

Промплощадка КАЭС расположена в едином блоке, ограниченном глубинными активными разломами: Кандалакшский разлом и его продолжение; Мурманский разлом (обе ветки разлома). Промплощадка КАЭС удовлетворяет требованиям к размещению атомных станций по условиям сейсмичности и тектоники (НП-031-01).

6.3.4 Почвенный покров

Почвообразующие породы

Регион размещения Кольской АЭС расположен в зоне аэротехногенного воздействия выбросов предприятий цветной и горно-химической промышленности (комбината «Североникель», АО «Апатит», Кандалакшского алюминиевого завода). В качестве условно чистого района, удаленного от источников такого воздействия, представлен бассейн реки Тунтсайоки (Тумчи) в юго-западной части Мурманской области (окрестности пос. Алакуртти). Об экологической чистоте данного района свидетельствует обильное развитие эпифитных лишайников, наиболее чувствительных к атмосферным загрязнениям.

Тип почвообразования, а также характер растительного покрова территории формируется под воздействием природных факторов, важнейшими из которых является рельеф и увлажнение почвенно-грунтовой толщи.

Условно чистый район с центром в пос. Алакуртти имеет аналогичные региону размещения Кольской АЭС ландшафтно-географические условия. Отличие заключается в значительно меньшей заболоченности, что связано с лучшими дренажными условиями.

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. Роль рельефа можно рассмотреть на примере модели геоморфологического профиля (катены) (Таблица 6.3.4.1).

Таблица 6.3.4.1 - Ландшафты и почвы лесной зоны Кольского полуострова

Автономный ландшафт	Трансэлювиальный ландшафт	Трансаккумулятивный ландшафт	Аккумулятивный ландшафт
Сосняки лишайниковые Иллювиально-железистые подзолы	Сосняки (ельники) кустарничковые и зеленомошные Иллювиально-гумусовые подзолы	Ельники (сосняки) заболоченные Торфяно-подзолы	Сосняки и ельники на переходных болотах Торфяные почвы

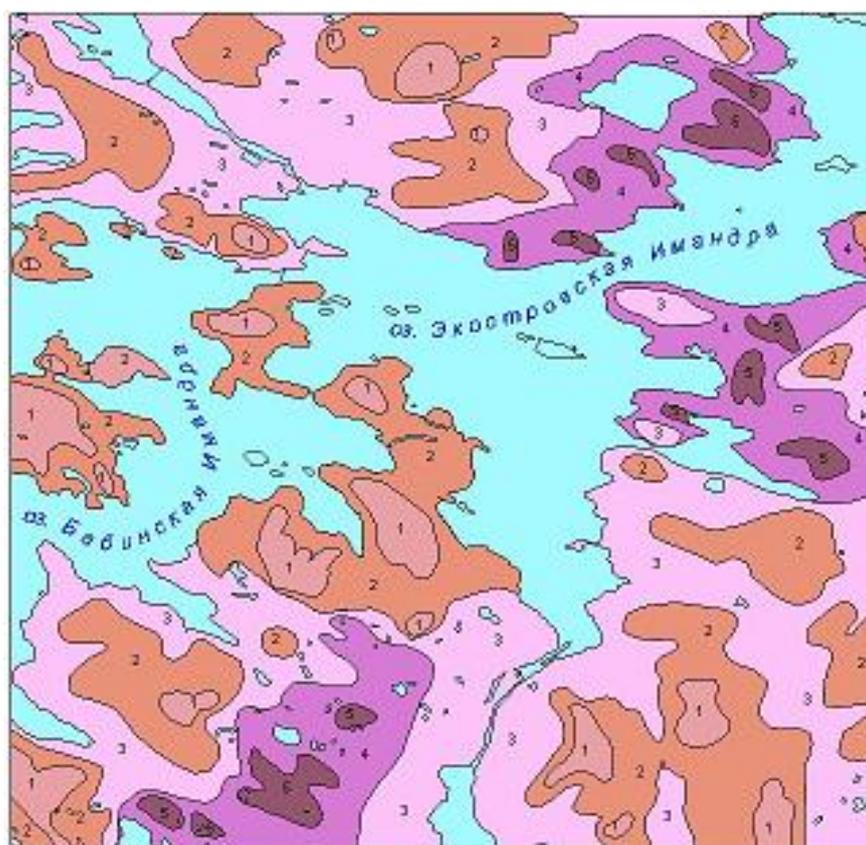
Примечание: Стрелкой показано направление склона.

Почвенный покров территории вокруг КАЭС представлен почвами автоморфного типа (иллювиально-железистые подзолы), занимающих 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

выделены на почвенной карте (масштаб 1:200 000), территории, ограниченной квадратом 15×15 км в окрестностях КАЭС, представлено на рисунке 6.3.4.1 и в таблице 6.3.4.2.

Таблица 6.3.4.2 - Распределение площадей, занимаемых отдельными типами почв и почвенными комплексами

Почвы и почвенные комплексы	Площадь	
	км ²	% от площади суши
Иллювиально-железистые подзолы	37	7
Иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые подзолы в сочетании с торфяно-подзолами	166	32
Торфяно-подзолы в сочетании с торфяными почвами	230	43
Торфяные почвы в сочетании с торфяно-подзолами	71	14
Торфяные эутрофные и олиготрофные почвы	20	4



ЛЕГЕНДА К ПОЧВЕННОЙ КАРТЕ
(МАСШТАБ 1:200 000)

- 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 эутрофные и олиготрофные почвы

Рисунок 6.3.4.1 - Почвенная карта 15 км зоны от КАЭС

Выделы 3 и 4 различаются доминированием типа почвы, обозначенного первым. Можно заметить, что почвы в легенде ранжированы по степени их гидроморфности, возрастающей от первого выдела к последнему.

Характеристика типов почв

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

На песчаных породах разного происхождения сформировались *Al-Fe-гумусовые* почвы, представленные преимущественно иллювиально-железистыми подзолами.

В зависимости от степени увлажнения почвенно-грунтовой толщи в отделе *Al-Fe-гумусовых* почв выделяются типы *подзолов* и *торфяно-подзолов*. Тип подзолов подразделяется на подтипы:

иллювиально-железистые подзолы с содержанием гумуса в иллювиальном горизонте не более 3 %;

иллювиально-гумусовые подзолы, содержание гумуса в иллювиальном горизонте более 3 %.

Торфяно-подзолы сформировались в условиях дополнительного грунтового увлажнения, для них, также, как и для подзолов, характерно интенсивное перераспределение в профиле гумуса и химических элементов, но они отличаются более мощным (>10 см) органогенным горизонтом АО.

На суглинистых и глинистых породах морского происхождения, имеющих ограниченное распространение в долине р. Нива, сформировались глеевые почвы.

Торфяные почвы занимают наиболее пониженные элементы рельефа, плоские впадины, заболоченные долины рек, нижние части пологих склонов, а также покатые склоны с выходами на поверхность грунтовых вод («висячие болота»). Они сформировались преимущественно на маломощных (обычно около 50 см) торфяниках мезотрофного типа.

Литоземы – почвы, в профиле которых основным горизонтом является торфянистый слой, лежащий на скальной породе. Они сформировались благодаря застойному увлажнению в микропонижениях на скальных выступах, лишенных моренного покрова. На вершинах возвышенностей часты выходы коренных пород, лишенные почвенного и растительного покровов. Эти почвы встречаются среди других почв в виде отдельных незначительных по площади участков, на почвенной карте они не отражены.

Иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые подзолы широко распространены на описываемых территориях. Они характерны для суходольных хвойных лесов: первые из них для кустарничково-лишайниковых и лишайниковых сосняков, вторые, в основном, для кустарничково-зеленомошных ельников. Торфяно-подзолы, являющиеся последним элементом ряда подзолистых почв возрастающего

гидроморфизма, характерны для нижних частей пологих склонов, при переходе от суходольных, преимущественно еловых лесов к болотным редколесьям.

Генетические характеристики почв основаны на средних данных по нескольким разрезам, заложенным в описываемых районах.

К *окультуренным* почвам в регионе КАЭС относятся поля сельскохозяйственных предприятий, использующих их для выращивания культур после проведения мелиоративных и культуртехнических мероприятий, необходимых для окультуривания почв. Освоению подвергались в равной степени подзолистые и торфяные почвы.

Освоение и окультуривание подзолистых почв вызывает коренную перестройку их профиля, т.к. при обработке в пахотный слой вовлекаются весь подзолистый и верхняя часть иллювиального горизонтов. При длительном окультуривании подзолистых почв образуется пахотный слой мощностью 15-20 см и более, достаточно однородный по слоению и составу на всю его глубину. Подпахотные горизонты сохраняют состав и свойства, характерные для аналогичных горизонтов естественных почв.

Обогащение пахотного горизонта органическим веществом способствует лучшей аэрации, повышению влагоемкости и водоудерживающей способности окультуренных почв. Отсутствие органогенного горизонта, свойственного лесным почвам, обуславливает более контрастные водный и температурный режимы. Амплитуды колебаний температуры в годичном цикле существенно больше, чем в целинных почвах. Глубина промерзания окультуренной почвы составляет в среднем 80-90 см, а температура 10 °С летом достигает 70-80 см.

Сельскохозяйственное использование торфяных почв возможно только после проведения осушительных мелиораций, с помощью которых регулируется их водно-воздушный режим. В результате возрастания интенсивности биологических процессов и внесения минеральных удобрений режим питательных веществ в мелиорированных почвах может обеспечить потребности в них сельскохозяйственных культур.

Осушенные торфяные почвы, вследствие меньшего насыщения их водой, значительно сильнее промерзают зимой (в среднем до 80 см) по сравнению с целинными почвами. В то же время, прогревание их летом не усиливается.

Антропогенное загрязнение и деградация почв

Деградация почв - ухудшение их качества в результате изменений, ведущих к появлению негативных свойств и утрате ее плодородия. Она может происходить как под влиянием стихийных природных явлений, так и в результате хозяйственной деятельности человека.

Наиболее существенные деградационные процессы протекают в биогеоценозах, подверженных воздействию техногенных выбросов предприятий металлургической и химической промышленности. Территория, примыкающая к КАЭС, в определенной степени испытывает влияние азротехногенных выбросов Кандалакшского алюминиевого завода (КАЗ) и комбината «Североникель». Выбросы КАЗа содержат большое количество фтористых соединений и соединений алюминия. Южная часть территории (южнее г. Полярные Зори) находится в зоне умеренного загрязнения органогенного горизонта почв соединениями фтора (от 200 до 400 мг/кг). Севернее расположена зона распространения почв, которые слабо загрязнены или совсем не загрязнены фтором. Соединения алюминия

входят в состав твердых выпадений КАЗа, они не достигают рассматриваемой территории и не могут вызвать загрязнение почв. Воздействие выбросов комбината «Североникель» также незначительное по причине значительной удаленности от источников загрязнения.

Органогенный горизонт (подстилка) лесных почв является геохимическим барьером для аэротехногенных выбросов предприятий металлургической промышленности: в верхней части подстилки аккумулируются тяжелые металлы и другие загрязнители. Состояние подстилки и растительного покрова на рассматриваемой территории свидетельствуют об отсутствии здесь деградационных процессов, вызываемых химическим загрязнением.

Локальные проявления деградации почвенного покрова возникают в результате механического его нарушения при промышленном, жилищном и дорожном строительстве. Отработанные карьеры, места выемки грунта для отсыпки дорожного полотна требуют проведения биологической рекультивации, которая осуществляется после вертикальной планировки нарушенной территории путем посева многолетних трав или посадки древесных культур.

Методы исследований

Оценка состава и кислотности почв и почвенной фауны 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 обл.: в 128 км западнее п. Алакуртти, в ельнике кустарничково-зеленомошном с примесью березы (Е-фон) и в 137 км на ЮЗЗ от расположения Кольской АЭС, в сосняке зеленомошно-лишайниково-кустарничковом (С-фон). В 30-километровой зоне КАЭС расположены несколько ППН: в ельнике кустарничково-зеленомошном, в 9 км от Кольской АЭС – ППН Е-9, в сосняке кустарничково-лишайниковом, в 11 км от Кольской АЭС – ППН С-11, в 21.5 км от Кольской АЭС – ППН С-21.5.

Почвенные разрезы были заложены на площадках постоянного наблюдения, почвенные пробы отбирали по горизонтам в межкрупных пространствах – в кустарничково-зеленомошной (Е-фон, Е-9) и лишайниковой парцеллах (С-фон, С-11) в трехкратной повторности (рис. 6.3.4.2, 6.3.4.3).



Рис. 6.3.4.2. Почвенный разрез на ПП Е-9.



Рис. 6.3.4.3. Отбор проб минеральных горизонтов почвенным буром.

Для отбора органогенного горизонта использовали рамку 25x25 см (рис. 6.3.4.4) Подстилку почв разбирали в лаборатории на 2 подгоризонта: L и FH. Образцы

высушивали при комнатной температуре, а затем просеивали. Аналитической обработке подвергали мелкозем (фракция <1.0 мм). Химический анализ выполнен согласно общепринятым методам [42]. 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 СН₃СООНН₄ (рН=7) по методу Каппена. Для определения концентрации доступных соединений элементов образцы почв обрабатывали 1М СН₃СООНН₄ (рН = 4.65). Для органогенных горизонтов использовали те же соотношения почвы и вытеснителя, что и при определении рН, для минеральных- 1:10. Содержание металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии, S -турбидиметрическим методом согласно ГОСТ 26490-85.



Рис. 6.3.4.4. Отбор органогенного горизонта почвы.

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 [43].

Содержание радионуклидов

Содержание радионуклидов в почве проанализировано согласно данным, представленным в ежегодных Докладах о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области за 2012-2019 гг. (табл. 6.3.4.3)

Таблица 6.3.4.3. 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

Основными контролируемыми 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.

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 техногенного происхождения относится ^{137}Cs (период полураспада более 30 лет), который является одним из основных дозообразующих элементов и обладает высокой биологической активностью [44].

Плотность загрязнения ^{137}Cs почв в 15-километровой зоне от КАЭС находится в диапазоне 470-800 Бк/км² [45], что ниже установленного контрольного уровня 1 Ки/км² (37000 Бк/км²) и позволяет отнести обследованные участки к территориям с относительно благоприятной экологической ситуацией [46].

Самая высокая удельная активность ^{90}Sr (36.6 Бк/кг) зафиксирована в почве в 2016 году. Минимальное значение удельной активности ^{90}Sr в это период составляло 17.9 Бк/кг. Удельная активность ^{134}Cs варьировала в диапазоне 0.8–3.2 Бк/кг, ^{60}Co – 1.2–2.1 Бк/кг, ^{58}Co – 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 ^{137}Cs 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 ^{137}Cs оказывает влияние количество органического вещества в почве: чем больше его в почве, тем выше удельная активность ^{137}Cs [47], при этом удельная активность ^{137}Cs в 15-километровой зоне от КАЭС соответствует фоновым уровням, формирующихся в результате глобальных выпадений техногенных радионуклидов.

Оценка степени химического загрязнения исследуемых почв тяжелыми металлами

Оценка проведена в соответствии с требованиями ГН 2.1.7.2041-06 «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы»

I Класс опасности (As, Hg, Pb, Cd, Zn)

Мышьяк (As)

Оценка загрязнения почвы осуществляется по валовому содержанию As. ПДК валовой формы As в почвах составляет 2,0 мг/кг с учетом фона (кларка), лимитирующий показатель - транслокационный. По данным Геохимического атласа, содержание кислоторастворимой формы As в почвах 15 км зоны вокруг КАЭС составляет 1,5-1,8 мг/кг, т.е. не превышает допустимый предел превышения кларка. По степени загрязнения As исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

Ртуть (Hg)

Оценка загрязнения почвы осуществляется по валовому содержанию Hg. ПДК валовой формы Hg в почвах составляет 2,1 мг/кг с учетом фона (кларка), лимитирующий

показатель - транслокационный. По данным Геохимического атласа, содержание кислоторастворимой формы Hg в почвах 15 км зоны вокруг КАЭС составляет 0,215-0,223 мг/кг, т.е. не превышает 0,1 допустимого превышения кларка. По степени загрязнения Hg исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

Свинец (Pb)

Оценка загрязнения почвы осуществляется по содержанию валовой и подвижной форм Pb. ПДК валовой формы Pb составляет 32 мг/кг, общесанитарный уровень, ПДК подвижной формы Pb в почвах составляет 6 мг/кг, оба показателя с учетом фона (кларка), общесанитарный уровень. По данным Геохимического атласа, содержание подвижной формы Pb в исследованных почвах составляет от 5 до 7 мг/кг, кислоторастворимой формы – от 20 до 42 мг/кг. Содержание Pb в литосфере составляет 0.002 % (или 20 мг/кг) [48]. Таким образом, максимально допустимое значение ПДК почвы с учетом кларка по Pb составляет 52 мг/кг, т.е. содержание Pb в почвах 15 км зоны вокруг КАЭС не превышает максимально допустимое значение ПДК. По степени загрязнения Pb исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

Кадмий (Cd)

ПДК по кадмию в почвах отсутствует в связи с его высокой токсичностью. В соответствии с Приложением Б (справочное) СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» ПДК почв по Cd для оценки санитарного состояния почв составляет 2 мг/кг. По данным Геохимического атласа, содержание подвижной формы Cd в исследованных почвах составляет от 0,23 мг/кг до 0,27 мг/кг, т.е. не превышает максимально допустимый уровень, принятый в зарубежной практике.

Цинк (Zn)

ПДК подвижной формы Zn в почвах составляет 23 мг/кг с учетом кларка, транслокационный уровень. Содержание подвижной формы Zn в исследованных почвах составляет в среднем 26 мг/кг в ельниках кустарничково-зеленомошных (n=11, пл.12-94) и 19 мг/кг в сосняке кустарничково-лишайниковом (n=7, пл.М1К4). Существенных статистически значимых различий по содержанию подвижных форм Zn между почвами условно-фоновых территорий и исследованных в 15 км зоне вокруг КАЭС в почвах сосняка кустарничково-зеленомошного не обнаружено.

Содержание Zn в литосфере составляет 0,006 % (или 60 мг/кг) [46]. Таким образом, максимально допустимое значение ПДК почвы с учетом кларка по Zn составляет 83 мг/кг. По данным Геохимического атласа, содержание подвижной формы Zn в 15-км зоне вокруг КАЭС варьирует от 12 до 23 мг/кг, т.е. не превышает ПДК и фоновые значения. По степени загрязнения Zn исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

II Класс опасности (Cu, Ni, Cr, Co)

Медь (Cu)

ПДК подвижной формы Cu в почвах составляет 3 мг/кг с учетом кларка, общесанитарный уровень. Содержание подвижной формы Cu в исследованных почвах составляет в среднем 0,99 мг/кг в ельниках кустарничково-зеленомошных (n=11, пл.12-94) и 1,87 мг/кг в сосняке кустарничково-лишайниковом (n=7, пл. М1К4). Статистически значимых различий по содержанию подвижных форм Cu между почвами условно-

фоновых территорий и исследованных в 15 км зоне вокруг КАЭС не обнаружено. По данным Геохимического атласа, содержание подвижной формы Си в 15-км зоне вокруг КАЭС варьирует от 0,32 до 5,91 мг/кг, т.е. не превышает ПДК и фоновые значения. По степени загрязнения Си исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

Никель (Ni)

ПДК подвижной формы Ni в почвах составляет 4 мг/кг с учетом кларка, общесанитарный уровень. Содержание подвижной формы Ni в исследованных почвах варьирует от 2,7 до 11 мг/кг в ельниках кустарничково-зеленомошных (n=11, пл.12-94) и от 3,2 до 16,3 мг/кг в сосняке кустарничково-лишайниковом (n=7, пл.М1К4). Обнаружены статистически значимые различия по содержанию подвижных форм Ni между почвами условно-фоновых территорий и исследованных в 15 км зоне вокруг КАЭС, что указывает на влияние выбросов комбината «Североникель» (г. Мончегорск). Максимальное содержание Ni в литосфере составляет 0,0008 % (или 8 мг/кг) [46]. Таким образом, максимально допустимое значение ПДК почвы с учетом кларка составляет 12 мг/кг. По данным Геохимического атласа, содержание подвижной формы Ni в 15-км зоне вокруг КАЭС варьирует от 1,34 до 3,65 мг/кг, т.е. не превышает ПДК при статистически значимом превышении фоновых значений по подвижной форме. По степени загрязнения Ni исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

Хром (Cr)

Оценка загрязнения почвы осуществляется по валовому содержанию Cr шестивалентного и по содержанию подвижной формы Cr трехвалентного. ПДК валовой формы Cr (VI) в почвах составляет 0,05 мг/кг с учетом фона (кларка), лимитирующий показатель – общесанитарный. ПДК подвижной формы Cr трехвалентного в почвах составляет 6,0 мг/кг. Содержание Cr в литосфере составляет 0,0025 % (или 25 мг/кг) (Виноградов, 1962). Таким образом, максимально допустимое значение ПДК почвы с учетом кларка по подвижной форме Cr составляет 31 мг/кг. По данным Геохимического атласа, содержание кислоторастворимой формы Cr в почвах 15 км зоны вокруг КАЭС составляет 2,2-6,0 мг/кг, подвижной формы- 0,08-0,15 мг/кг, т.е. не превышает ПДК и региональный фон. По степени загрязнения Cr исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

Кобальт (Co)

Оценка загрязнения почвы осуществляется по содержанию подвижной формы Co. ПДК подвижной формы Co в почвах составляет 5,0 мг/кг с учетом фона (кларка), лимитирующий показатель – общесанитарный. По данным Геохимического атласа, содержание подвижной формы Co в почвах 15 км зоны вокруг КАЭС составляет 0,18-0,75 мг/кг, т.е. не превышает ПДК. По степени загрязнения Co исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

III Класс опасности

Марганец (Mn)

ПДК подвижной формы Mn в почвах составляет 60 мг/кг с учетом кларка. Содержание подвижной формы Mn в исследованных почвах варьирует от 104 до 530 мг/кг в ельниках кустарничково-зеленомошных (n=11, пл.12-94) и от 25 до 128 мг/кг в сосняке

кустарничково-лишайниковом (n=7, пл. М1К4). Статистически значимые различия по содержанию подвижных форм Mn отмечаются между почвами условно-фоновых территорий и исследованных в 15 км зоне вокруг КАЭС. Содержание Mn в литосфере составляет 0,06 % (или 600 мг/кг) [46]. Таким образом, максимально допустимое значение ПДК почвы с учетом кларка составляет 660 мг/кг. По данным Геохимического атласа, содержание подвижной формы Mn в 15-км зоне вокруг КАЭС варьирует от 37 до 175 мг/кг, т.е. не превышает ПДК и фоновые значения. По степени загрязнения Mn исследуемые почвы можно отнести к категории «допустимая».

Оценка антропогенного загрязнения почв на обследованной территории была дополнена сопоставлением параметров, не входящих в систему оценок по классу опасности, но включенных в программу мониторинговых исследований. Этими параметрами являлись подвижная форма S, рН водной вытяжки почв и гигроскопическая влажность.

Сера S

Оценка загрязнения почвы осуществляется по валовому содержанию S. ПДК валовой формы S в почвах составляет 160 мг/кг с учетом фона (кларка), лимитирующий показатель – общесанитарный. Содержание S в литосфере составляет 0,04% (или 400 мг/кг) [46]. Таким образом, максимально допустимое значение ПДК почвы с учетом кларка составляет 560 мг/кг. По данным Геохимического атласа, содержание кислоторастворимой формы S в почвах 15 км зоны вокруг КАЭС составляет 1101-1488 мг/кг, подвижной формы- 130-153 мг/кг.

Содержание подвижной формы S в исследованных почвах по программе мониторинговых исследований варьирует от 76 до 296 мг/кг в ельниках кустарничково-зеленомошных (n=11, пл.12-94) и от 9 до 32 мг/кг в сосняке кустарничково-лишайниковом (n=7, пл. М1К4). Обнаружены статистически значимые различия по содержанию подвижных форм S между почвами условно-фоновых территорий и исследованных в 15 км зоне вокруг КАЭС еловых биогеоценозов, что указывает на возможное влияние выбросов комбината «Североникель» (г. Мончегорск). По почвам сосновых биогеоценозов различия статистически незначимы. Однако, по данным Геохимического атласа, содержание кислоторастворимых форм S на условно-фоновых территориях достигает 1500 мг/кг, что также превышает ПДК. Таким образом, превышение ПДК по содержанию S на оцениваемой территории может быть обусловлено как повышенным региональным фоном, так и возможным влиянием переноса загрязняющих веществ.

Гигроскопическая влажность

Вариабельность гигроскопической влажности в обследованных почвах приведена на рисунке 6.3.4.5. Статистически значимых различий по гигроскопической влажности между почвами условно-фоновых территорий и исследованных в 15 км зоне вокруг КАЭС не обнаружено.



Рисунок 6.3.4.5 - Гигроскопическая влажность почв условно-фоновых территорий и в 15 км зоне вокруг КАЭС.

РН водной вытяжки

Вариабельность рН водной вытяжки в обследованных почвах приведена на рисунке 6.3.4.6. Статистически значимых различий по показателю рН между почвами условно-фоновых территорий и исследованных в 15 км зоне вокруг КАЭС не обнаружено.

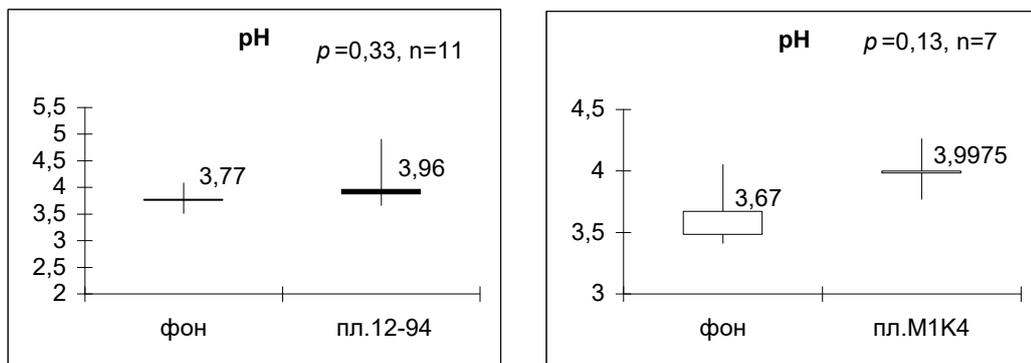


Рисунок 6.3.4.6 - рН водной вытяжки почв условно-фоновых территорий и в 15 км зоне вокруг КАЭС.

Оценка загрязнения почвенного покрова цезием-137

В 2015 году сотрудниками Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова» проведены мониторинговые исследования почв района размещения Кольской АЭС и выполнена оценка загрязнения почвенного покрова цезием-137, как одного из главных компонентов радиоактивного загрязнения биосферы [115,116].

Сеть мониторинга состояла из 12 пробных площадок (рисунок 6.3.4.7), расположенных в 30-ти километровой зоне вокруг КАЭС:

- 2 площадки были заложены в санитарно-защитной зоне самой станции (С1) и в санитарно-защитной зоне хранилища сухих слабоактивных отходов (С2);
- 5 площадок было заложено в зоне наблюдения на расстоянии 10 км от станции (1-5);
- 4 площадки – на границе зоны наблюдения на расстоянии 15 км (I-IV);
- 1 фоновая площадка на расстоянии 30 км от станции (Ф).



Рисунок 6.3.4.7. Схема заложения пробных площадок.

Для площадок выбирались места с максимально автоморфными условиями и однородным растительным покровом. Из каждого разреза был произведен отбор почвенных образцов по генетическим горизонтам. Всего было отобрано 77 образцов.

Доминирующим типом лесных сообществ в районе исследований являются сосняки чернично-лишайниковые (площадки С1, 1, Ф, I, II) и зеленомошно-лишайниково черничные (площадки 2, 3, 5, III, IV). На площадке 4 тип леса охарактеризован как ельник чернично-зеленомошный, а на площадке С2 - как сосняк чернично-багульниково-зеленомошный. Древостой характеризуется преобладанием сосны обыкновенной V и Va класса бонитета (*Pinus sylvestris* L.), с участием других пород деревьев - березы повислой (*Betula pendula* Roth. X) и березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.).

Исследованные почвы характеризуются сходным морфологическим строением (Рисунки 6.3.4.8, 6.3.4.9).



Рисунок 6.3.4.8. Разрез С2.



Рисунок 6.3.4.9 Разрез Ф.

Подстилка (O) имеет мощность не более 9 см, в верхней части (1-2 см) представлена листовым опадом сосны, березы, багульника, имеющим неоднородную серовато-бурую окраску. В нижней части представлена растительными остатками разной степени разложенности, окраска более темная, кофейно-бурая, густо пронизана корнями, переход резкий, граница ровная.

Горизонт АО имеет мощность, редко превышающую 1,5 см, свежий, темно-серый до черного, представлен хорошо разложенными растительными остатками с примесью минеральных зерен, переход резкий, граница волнистая.

Горизонт Е имеет мощность не более 9 см, свежий, серовато-белесый, песок, рыхлый, бесструктурный, корней среднее количество до 4-5 мм диаметром, встречается щебень, верхние грани которого отмыты до розового цвета, включения камней различного размера (редко более 5 см), переход резкий, граница карманная или волнистая.

Горизонт В1f, как правило, имеет мощность 10-15 см, свежий, от коричневатого-ржаво-бурого в верхней части до ржаво-бурого в нижней, песок, рыхлый, бесструктурный, много корней диаметром до 5 мм, много гравия размером до 1 см, единично камни размером до 10 см, переход ясный, граница ровная.

Горизонт В2f имеет мощность 10-17 см, свежий, желтовато-бурый, книзу желтовато-серый, песок, рыхлый бесструктурный, среднее количество корней диаметром до 2 см, гравий и камни как в предыдущем горизонте, переход заметный, граница ровная.

Горизонт ВС имеет мощность 11-16 см, свежий, светло-серый с желтоватым оттенком, разнозернистый песок, рыхлый, бесструктурный, часто встречаются мелкие пятна ожелезнения диаметром до 2-3 мм, корней нет, гравий до 1 см, единично встречаются камни размером до 20 см, переход заметный, граница ровная.

Горизонт С свежий, светло-серый со слабым зеленоватым оттенком, разнозернистый песок, рыхлый, бесструктурный, корней нет.

Во многих разрезах в горизонте В2f находились крупные камни (размером более 12 см), занимающие до 70% его объема, а ниже этого горизонта находились плотно упакованные камни, ограничивающие возможность вскрытия горизонтов ВС и С.

По результатам исследований были сделаны следующие выводы:

- потенциальная кислотность исследуемых почв характеризуется как очень сильно кислая и сильно кислая в верхних горизонтах при постепенном ее подщелачивании вниз по профилю;

- все исследуемые почвы характеризуются низким содержанием гумуса в минеральных горизонтах, по распределению гумуса все исследованные почвы относятся к подзолам иллювиально-железистым;

- закономерности вертикального распределения ^{137}Cs сходны для всех исследованных почв. Они характеризуются аккумулятивным типом с четко выраженным регрессивно-аккумулятивным подтипом распределения ^{137}Cs в профиле;

- плотность загрязнения (запас) ^{137}Cs корнеобитаемой толщи (0-30 см) исследованных почв составила 530-2459 Бк/м² (таблица 6.3.4.4), что существенно ниже установленного контрольного уровня в 1 Ки/км² (~37000 Бк/м²);

Таблица 6.3.4.4. Плотности загрязнения почв ^{137}Cs

Номер площадки	Плотность загрязнения ^{137}Cs корнеобитаемой толщи (0-30 см), Бк/м ²	Плотность загрязнения ^{137}Cs подстилки, Бк/м ²	Мощность подстилки, см	Запас подстилки, кг/м ²
С1	754±300	151±12	5	3,48
С2	1042±230	252±36	11	6,67
1	1276±305	181±20	6,5	4,61
2	2459±291	268±25	6	5,45
3	810±267	333±23	2	3,98
4	1032±221	175±23	8,5	3,01
5	968±217	128±12	4	2,27
I	530±240	117±9	4	2,14
II	1873±244	329±26	9	4,29
III	924±267	208±20	5	5,20
IV	1460±244	125±14	4	3,64
Ф	1034±260	113±9	5	1,68

- активности ^{137}Cs в почвах не превышают фоновых значений. Его распределение имеет регрессивно-аккумулятивный характер. В некоторых случаях для него наблюдается элювиально-иллювиальная дифференциация.

Таким образом, проведенный мониторинг показал, что исследованные участки района размещения Кольской АЭС относятся к территориям с относительно благоприятной ситуацией, влияние АЭС на загрязнение почвенного покрова на фоне глобальных выпадений не выявлено.

6.3.5 Биоценотическая характеристика региона

6.3.5.1 Растительные сообщества и их биоразнообразие

Растительность северной тайги представлена елово-березовыми лишайниково-зеленомошными лесами с примесью сосны и ельниками воронично-черничными. В целом преобладают сосновые и еловые воронично-лишайниковые леса. В обоих типах леса много березы. Сосняки приурочены к западной части территории, еловые с примесью березы к восточной и юго-восточной.

Основными лесобразующими породами являются ель, сосна, береза, из кустарников встречаются можжевельник сибирский, ивы, жимолость, карликовая береза. В лесных ценозах для хорошо развитого кустарничкового яруса характерно присутствие вороники, черники, голубики, брусники, из травянистых растений луговика дернистого, золотарника лапландского и др. Довольно часто присутствуют лишайники родов цетрарии, кладонии, кладины, нефромы, пельтигеры, часто встречается толокнянка обыкновенная, арктоус альпийский, перловник поникающий и др.

Распространены редкостойные смешанные леса, преимущественно кустарничковые и кустарничково-моховые. Основной лесобразующей породой является сосна Фриза с примесью березы, иногда с примесью рябины.

На более богатых почвах с достаточным увлажнением располагаются еловые леса с елью сибирской в основном кустарничково-моховые, реже мохово-травянистые. Пятнами встречаются заболоченные леса с торфянистой почвой.

Формация сосновых лесов объединяет две группы: сосняки лишайниковые (имеют наибольшее разнообразие и распространение) и сосняки моховые (зеленомошных, долгомошных и сфагновых). Березовые и елово-березовые леса образованы березой пушистой. Незаболоченные разнотравные березняки относительно редки. Более обычны заболоченные разнотравные, осоково-моховые или злаково-моховые леса часто со сфагновыми мхами в напочвенном покрове.

В таких лесах всегда обильны и разнообразны травы: вейник тростниковидный, осоки пепельная и дернистая, хвощ лесной, сабельник болотный, лабазник вязолистный. К березе часто примешивается рябина, ольха кольская, черемуха птичья. В подлеске обычны ивы сизая, филиколистная, лапландская, иногда заросли карликовой березы.

Озера окружены травяно-кустарничковыми болотами с березой карликовой, морошкой, хвощем лесным, болотным, топяным и другими обычными видами. Нередко встречаются ивняковые заросли, участки приручьевых ивняков. Есть заболоченные участки.

В окрестностях оз. Имандра распространены аапа-болота лапландского типа. Эти болота имеют резко выраженный микрорельеф. Поперек уклона болота идут извилистые гряды, между которыми заключены мочажины. Мочажины занимают около 70 % площади, гряды – 30 %. Как правило, мочажины переувлажнены и заняты мезотрофными или эутрофными осоковыми и осоково-сфагновыми группировками. Наиболее обычны пухонос дернистый, осока водная, пушица многоколосковая, хвощ топяной. Встречаются мочажины с молинией голубой, иногда с низкорослыми ивами: черниковидной, миртовидной, лапландской. Более или менее развит ковер гипновых и эутрофных сфагновых мхов. Немало мочажин с оголенным торфом.

Ровные участки с избыточным увлажнением заняты осоковыми и осоково-хвощевыми гипновыми или сфагновыми болотами. Среди трав распространены хвощ топяной, осоки водная, вздутая, волосистоплодная, постоянно примесь пушицы многоколосковой, сабельника болотного и др. Довольно обычны карликовая береза, ивы лапландская и филиколистная.

На территории встречаются травяные, травяно-моховые, травяно-лишайниково-моховые болота переходного типа. Площадь их невелика.

Процесс антропогенных изменений сопровождается многими нежелательными последствиями: общим обеднением флоры, уменьшением генетического разнообразия отдельных видов, упрощением структуры, унификацией, снижением продуктивности и стабильности растительного покрова.

Во всех фитоценозах за период с 1973 по 2006 год не произошло существенных изменений видового состава слагающих их сосудистых растений.

Антропогенные изменения растительного покрова рассматриваемой территории связаны в основном с мелиорацией и вырубкой леса.

Наблюдается полная и частичная гибель растений в местах возникновения троп и дорог. Наиболее стабильным остался набор видов сосудистых растений, произрастающих на удаленных от города и поселков участках.

При инвентаризации флоры данного региона в 2006 году было зафиксировано 297 видов сосудистых растений, относящихся к 60 семействам и 161 роду.

Общая характеристика лесов

Лесные массивы на территории, окружающей Кольскую АЭС, относятся к северотаежным редкостойным лесам. Как и для всех лесов Мурманской области, для них характерны низкая продуктивность, медленный рост деревьев в высоту и по диаметру, низкоплотность, небольшой процент выхода деловой древесины. Средний запас древесины по Мурманской области в возрасте спелости древостоев составляет 55 м³/га. Ежегодный средний прирост древесины оценивается показателем 0,44 м³/га. Средняя полнота древостоев находится на уровне 0,47, а средний класс бонитета V, VI.

Район расположения Кольской АЭС относится к центральным районам Мурманской области, и поэтому характеристика лесного фонда почти по всем показателям здесь близка к среднеобластным.

Как видно из материалов последнего лесоустройства (Таблица 6.3.5.1), таксационные признаки древостоев Зашейковского лесничества очень близки к средним показателям по лесфонду всей Мурманской области. В основном это низкопродуктивные насаждения с малым приростом в высоту и по диаметру, с низкой полнотой и запасом на единицу площади.

Современный состав древостоев в районе расположения Кольской АЭС, как и в других центральных районах Мурманской области, сформировался в результате интенсивных рубок главного пользования, проводимых почти на всей центральных и западной частях Кольского полуострова. На территории Зашейковского лесничества концентрированные рубки начались с 1924 года, и продолжалась в течение 70 лет до 90-х годов прошлого столетия.

Таблица 6.3.5.1 - Таксационные показатели насаждений Зашейковского лесничества

Порода	Общая лесопокрытая площадь га	Запас, тыс. м ³		Средние таксационные показатели				
		Общий	В т. ч. спелых и перестойных	Возраст	Бонитет	Полнота	Средний запас	
							На покрытых лесом	Спелых перестойных
Сосна	89340	3495,2	809,5	75	5,6	0,49	42	57
Ель	25215	1025,2	814,8	152	6,0	0,37	42	52
Лиственница	22	0,3	-	25	6,0	0,45	20	-
Береза	111854	239,1	19,4	46	6,1	0,49	22	31
Всего	126439	4759,9	1643,7	88	5,7	5,7	0,46	54

Все расположенные вблизи поселка и станции Зашеек леса были вырублены так называемыми условно-сплошными рубками, при которых на месте вырубки остаются низкосортные деревья в виде отдельных или компактных недорубов. Почти полностью оставалась береза, поскольку она не подлежала сплаву из-за малой плавучести.

Формирование новых производных, или вторичных, древостоев шло в основном за счет сохраненного при рубке леса подроста и молодняка. Процесс естественного

возобновления вырубок затягивался на длительный период и нередко проходил со сменой пород. Существенную роль в формировании современного состава и структуры лесов играли лесные пожары. Особенно крупные гари возникали в 1961 и 1972 годах, отличающихся засушливыми летними сезонами.

Леса вблизи Кольской АЭС имеют средний балл опасности, равный 3 (по 5-и балльной оценке). К первому баллу наиболее высокой горимости относится более 20 % лесных массивов. Это хвойные молодняки в лишайниковых, вересковых, брусничных и других сухих типах лесах, где пожар может быстро распространяться и приносить наибольший вред.

На территории Зашейковского лесничества лесным хозяйством создано 2416 га лесных культур, из которых 1984 га или 82,1 % приходится на культуры сосны. Создано также несколько десятков гектар хвойных экзотов. Культуры лиственницы есть и вблизи Кольской АЭС, на Роват-острове, где лиственница достигла высоты 10 м, дает спелые семена и образует самосев.

Необходимо отметить, что в результате активной лесозаготовительной деятельности на территории, окружающей Кольскую АЭС, первичных коренных лесов, в настоящее время нет. Отдельные, нетронутые сплошной рубкой, участки леса имеют очень небольшие площади и в той или иной степени были подвержены воздействию со стороны человека за счет повреждений древостоя, уборки единичных сухостойных деревьев на дрова, а сырорастущих - на хозяйственные нужды и т.д.

Лесные экосистемы, произрастающие в пределах 15-км зоны вокруг Кольской АЭС, в настоящее время выполняют важные средообразующие функции и подлежат полной охране. Из лесного фонда Зашейковского лесничества в 15-ти километровую зону вокруг Кольской АЭС входят 50 кварталов средним размером 2 х 4 км (таблица 6.3.5.2, рисунок 6.3.5.1).

Таблица 6.3.5.2 - Группы кварталов и количество кварталов внутри групп

Номера кварталов	Количество	№ № кварталов	Количество	№ № кварталов	Количество
27	1	90-91	2	265-269	5
36-38	3	221-234	14	276-285	10
56-58	3	235-238 243-248	2 6		
73-74	2	254-256	2		

Общая площадь земель лесного фонда, вошедшего в 15-км зону КАЭС, составляет 64217 га (таблица 6.3.5.3). Основную часть занимают леса первой группы, имеющие защитные функции. Нерестовые охранные полосы вдоль береговой линии, выделенные почти во всех кварталах, входящих в исследуемую зону, выполняют водоохранную функцию, в связи с чем существует запрет на сплошнолесосечные концентрированные рубки и другие ограничения лесопользования.

Ширина нерестоохранных полос установлена вдоль береговой линии озер Имандра, Верхняя и Нижняя Пиренга 1 км, вокруг озера Пинозеро - 500 м. Вокруг рыбозавода на реке Пиренга ширина нерестоохранной полосы увеличена до 3 км.

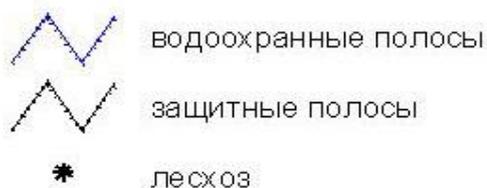
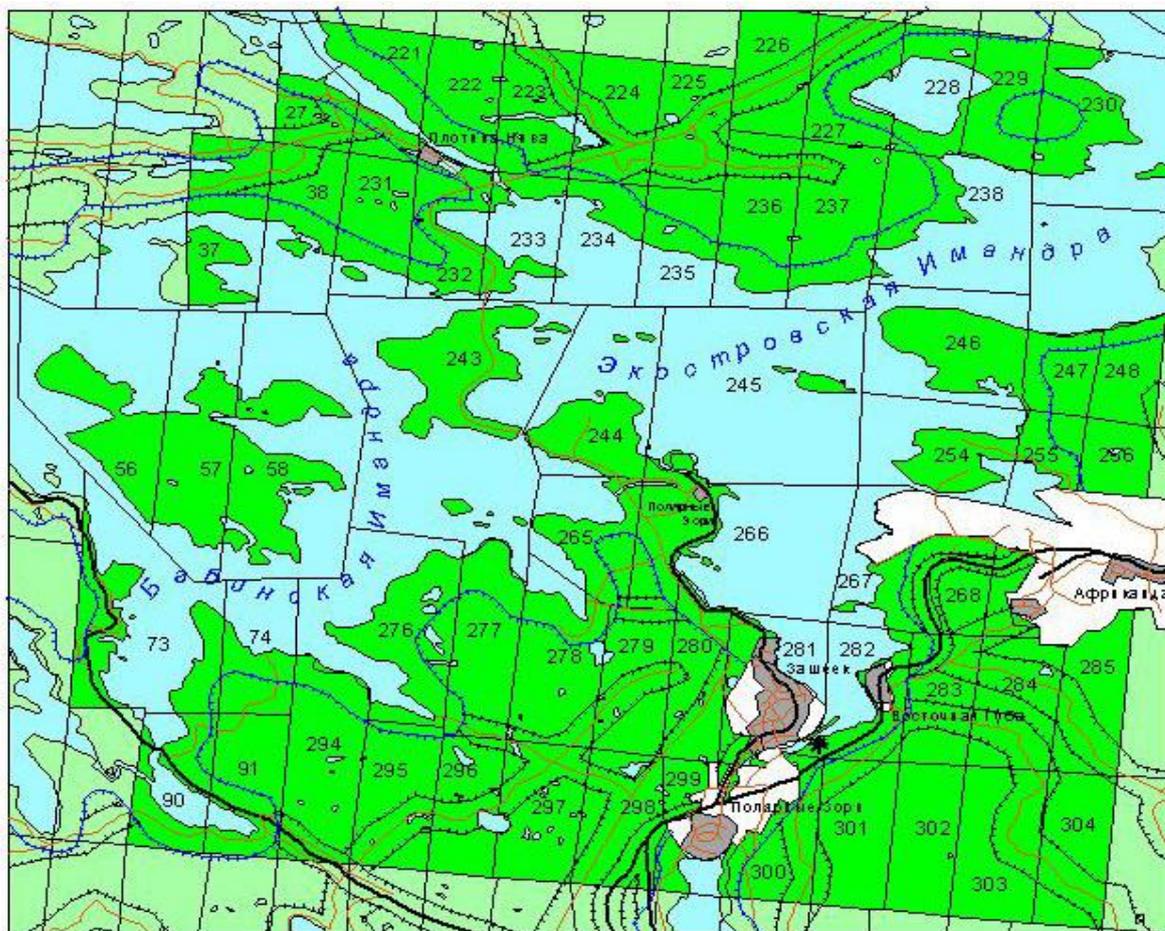


Рисунок 6.3.5.1 - Карта лесных массивов Зашейковского лесничества, входящих в 15 км зону КАЭС

На территории, входящей в 15-км зону вокруг Кольской АЭС, нерестоохранные полосы занимают площадь в 50409 га, что составляет 78,5 % от общей площади земель лесного фонда и 96,9 % от площади лесов первой группы.

Защитные лесные полосы выделены вдоль железной дороги Санкт-Петербург-Мурманск шириной 500 м вдоль полотна дороги с той и другой стороны. Шоссейная дорога Санкт-Петербург-Мурманск (федеральная трасса Р-21) на всей протяженности трассы в пределах района имеет защитные лесные полосы шириной 250 м по обе стороны. Такой же ширины защитные лесные полосы выделены и на дороге Пиренга - Ковдор.

Общая площадь защитных лесных полос вдоль железнодорожной и шоссежных дорог в пределах 15-км зоны вокруг Кольской АЭС составляет 1142 га.

Таблица 6.3.5.3 - Распределение площади лесного фонда по категориям земель в 15-км зоне Кольской АЭС, в га

Группа лесов	Категория защитности	Общая площадь земель лесного фонда	Лесные земли					Нелесные земли				
			Покрытые лесом			Не покрытые лесом	Всего лесных земель	Воды	Дороги, просеки	Болота	Прочие земли	Всего нелесных земель
			Продуктивные	Непродуктивные	Итого покрыт. лесом							
I	Нересто-охранные полосы	50409	6943	1024	17147	21	17168	28915	73	3620	633	33241
	Защитные полосы	1142	565	367	932	7	939	3	1	156	43	203
	Земельные зоны	483	191	112	303	-	303	1	2	128	49	180
III	Итого	52034	7699	10683	18382	28	184100	28919	76	3904	725	33624
	Эксплуатационные леса	12183	4361	4996	9357	78	9435	231	47	2169	301	2748
Всего		64217	12060	15679	27739	106	27845	29150	123	6073	1026	36372

В первую группу лесов входит также зеленая зона вокруг города Полярные Зори на площади 483 га, в которой Постановлением Совета Министров РСФСР в 1979 году выделена лесопарковая часть площадью 170 га на водоразделе между озерами Имандра и Пинозеро на расстоянии 3 км от города. Рекреационная нагрузка на лесную территорию здесь минимальная - менее одного человека на 1 га площади и наблюдается только во время сбора грибов и ягод в осенний период. Небольшая рекреационная нагрузка ощущается и в период лыжного сезона во второй половине зимы.

В состав лесов первой группы отнесено 52034 га или 81,0 % от всех лесов, находящихся вблизи Кольской АЭС. Эксплуатационная часть лесов третьей группы, где разрешены рубки главного пользования, занимают менее 12,183 га, т.е. менее 20 % всей лесной территории.

Зеленая зона вокруг города Полярные Зори занимает меньше 1 % территории лесов, входящих в исследуемую зону.

Ввиду большой обводненности территории (площадь озер составляет более 29 тыс. га) покрытая лесом площадь относительно невелика. Она меньше, чем площадь водных бассейнов и занимает лишь 43 % земель лесного фонда. В целом по Зашейковскому лесничеству покрытая лесом площадь составляет 56,5 %.

Старовозрастные леса в 30 км зоне вокруг Кольской АЭС (рис. 6.3.5.2) представлены, главным образом, незначительными участками сосновых и еловых лесных сообществ.

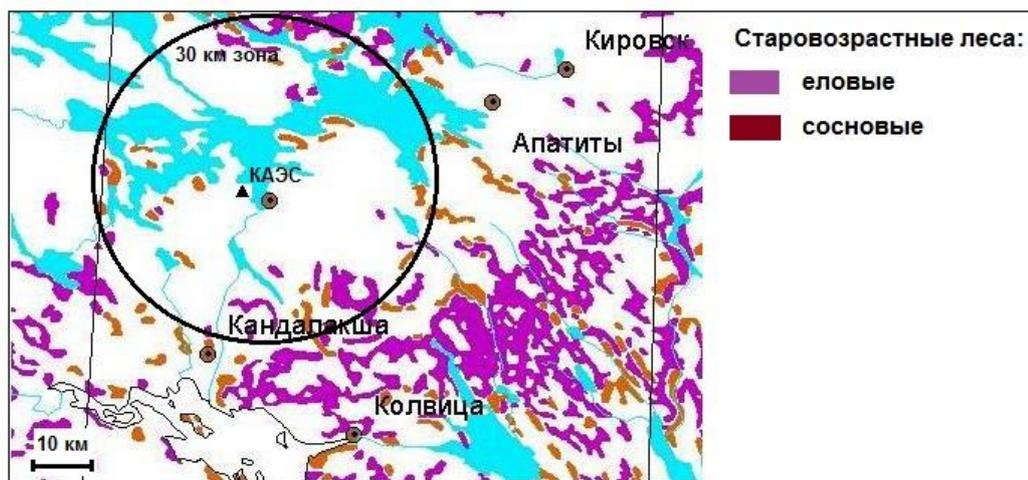


Рисунок 6.3.5.2 - Старовозрастные леса в районе размещения Кольской АЭС

В 15-км зоне вокруг Кольской АЭС непокрытых лесом площадей - 106 га или 0,3 %, в том числе в лесах первой группы. Небольшие участки гарей и пустырей имеются в нерестоохраненных полосах и в эксплуатационных лесах. Естественных рединов, погибших насаждений и необлесившихся вырубков в этих лесах нет.

Это свидетельствует о том, что мер искусственного возобновления почти не требуется. Такое состояние лесного фонда следует оценивать, как наиболее оптимальное для экологической значимости лесных территорий, поскольку более 99 %, т.е. практически все лесные земли, находятся в продуцируемом состоянии.

Нелесные земли отличаются относительно небольшой долей болот - менее 10 % от общей площади лесфонда.

В районе расположения Кольской АЭС отсутствует такая категория земель, как нарушенные земли. Это свидетельствует о том, что действующие промышленные предприятия не нарушают лесной территории в результате своей деятельности. В целом по Мурманской области таких нарушенных земель, требующих обязательной рекультивации насчитывается более 17 тыс. га.

Лесосырьевая обеспеченность территории

В связи с прекращением промышленного строительства заготовки древесины в области сократились до 150-200 тыс. м³ в год и ведутся только для удовлетворения внутриобластных потребностей. Заготовку древесины в настоящее время осуществляет Зашейковское лесничество в количестве не более 20 тыс. м³ в год.

Наиболее продуктивные сосняки, развивающиеся на супесчаных почвах, на южных и юго-западных участках к возрасту технической спелости могут образовывать свыше 150 м³ древесины на 1 га. В том же возрасте в сосняке скальном или сфагновом запас древесины не превышает 30 м³ на такой же площади.

В пределах 15-км зоны вокруг Кольской АЭС, как по площади, так и по запасам древесины преобладают сосновые древостои. Это характерно не только для данной территории, но и для всего Зашейковского лесничества.

По Зашейковскому лесничеству сосна занимает площадь 89,3 тыс. га, что составляет 70,6 % от всей лесопокрытой площади. Запас ее древесины исчисляется в 3,5 млн. м³ или 73,4 % от общего запаса по лесничеству. На сопредельных с АЭС территориях в сосновых древостоях спелого и перестойного возраста запас древесины составляет 243,6 тыс. м³, в еловых - 64,6 тыс. м³. Значительная часть ели, так же, как и березы находится в сосняках в качестве примеси. Чистых ельников не много, а березняков в этой зоне нет.

Насаждения сохранились по причине низкого запаса древесины в период массовых лесозаготовок. В настоящее время средний запас древесины в них составляет всего 54,3 м³ на 1 га. Почти 90 % этих насаждений относится к низкопродуктивным, или непродуктивным, древостоям.

В эксплуатационных лесах III группы спелые и перестойные насаждений занимают 1618 га. Средний запас древесины составляет 50,2 м³ на 1 га.

Большинство выделов, в которых по правилам рубок главного пользования возможны сплошные рубки, расположены фрагментарно, на значительном расстоянии друг от друга. Сплошных массивов леса, удобных для освоения, практически нет.

Все отмеченное выше является некоторой гарантией сохранения лесов данной зоны от возможной вырубki на довольно длительный период времени. Это позволит сохранить экологическую значимость лесной растительности для обеспечения защитной функции лесов. Сейчас припевающихся насаждений насчитывается более 10 %, что свидетельствует, что лесосырьевой ресурс территории непрерывно увеличивается.

Характеристика древесных запасов и лесопатологическое состояние лесов

В лесах, расположенных на сопредельной с Кольской АЭС территории, сосредоточена основная масса древесины – 816,1 тыс.м³, более 80 % приходится на леса первой группы. Более половины этого запаса – это непродуктивные насаждения V^a и V^b бонитетов. Наличие единичных деревьев, которые в своей массе составляют 27,5 тыс. м³, свидетельствует о том, что в период проведения сплошных рубок в данной зоне

оставлялась значительная часть низкотоварной древесины. Для территории характерно небольшое количество сухостоя.

В насаждениях вблизи Кольской АЭС практически нет захламленности. На всей площади подлежащей оценке, имеется лишь 0,5 тыс. м³ древесины, лежащей на земле.

В зоне действия Кольской АЭС обнаружены болезни: рак-серянка и снежное шютте. Обе эти болезни поражают молодняки и средневозрастные древостои. Очагов энтомовредителей, кроме березовой пяденицы, на площади 31 га не обнаружено. Ввиду малого количества еловых древостоев перестойного возраста практически отсутствует такая болезнь, как еловая губка.

Использование растительных ресурсов

Во флоре сосудистых растений окрестностей г. Полярные Зори произрастает 116 полезных растений (ягодных и лекарственных), что составляет 39,7 % от общего числа видов. Большая часть лекарственных растений относится к непромысловым. Эти растения представлены редкими видами: волчник обыкновенный; пальчатокоренник, пятнистый кокушник длиннорогий, гвоздика пышная и др.

Кроме того, в районе размещения Кольской АЭС встречаются:

- нехарактерные для региона виды - льнянка обыкновенная, донник белый, донник лекарственный, синюха голубая, черноголовка обыкновенная, вероника дубравная и др.;

- виды, образующие разреженные популяции и имеющие маленькую фитомассу - росянка круглолистная, росянка английская, баранец обыкновенный и др.;

- 7 видов лишайников, из которых один вид является промысловым - цетрария исландская;

- 4 вида мохообразных, из которых представители рода сфагнум могут использоваться как промысловые.

Список лекарственных и ягодных растений в изучаемой флоре довольно большой и насчитывает более 115 видов.

Основные запасы лекарственных растений региона сосредоточены в лесных сообществах, несколько меньше - на болотах и откосах. Наименьшее количество лекарственных растений произрастает на лугах.

В окрестностях КАЭС наиболее широко представлены ягодники: брусника, вороника, голубика, морошка, черника. Чаще всего сбору подлежат брусника, черника и морошка. В последние годы активно собирается вороника. Ягодники, доступные к освоению, составляют 18-22 % от общих площадей ягодников. В Зашейковском лесничестве заросли брусники занимают 19474 га, черники 141298 га, морошки 5962 га, голубики 1840 га (данные статучета 1994 года).

Среднегодовой урожай брусники 48/14, черники 29/11, морошки 31/11, голубики 21/8 кг с 1 га (в числителе биологический, в знаменателе промысловый).

Общий урожай с ягодоносной площади брусники 926/377, черники 4057/1555, морошки 186/64, голубики 39/15 т с 1 га.

Характеристика грибов

В районе размещения Кольской АЭС встречаются грибы, которые характерны как для Мурманской области, так и широко распространены в Средней полосе России.

Наиболее известны следующие виды:

- сыроежки (*Russula* sp) – самые многочисленные грибы – растут во влажных сосновых лесах и на опушках;
- волнушка розовая (*Lactarius torminosus*) – растет группами или одиночно в березовых и смешанных с березой лесах;
- груздь черный (*Lactarius necator*);
- подберезовик (*Leccinum scabrum*) поселяется всегда рядом с березой различных видов, в лесах и на болотах умеренной зоны;
- белый гриб (*Boletus edulis*) произрастает рядом с березой, сосной, елью;
- осиновик красный (*Leccinum aurantiacum*) произрастает чаще с осиной и сосной.

Грибы играют большую роль в круговороте веществ в природе, в разложении остатков животных и растений, повышении плодородия почвы.

Съедобные грибы являются источником аминокислот, полезных витаминов и микроэлементов, в связи с чем активно употребляются населением в пищу.

В силу своих биологических особенностей грибы хорошо поглощают цезий-137 и по накопительной способности значительно превосходят другие компоненты леса. Содержание радионуклидов в грибах определяется многими факторами: видовой принадлежностью грибов, плотностью радиоактивных выпадений и формами их нахождения, свойствами почвы и особенностями водного режима, погодными и другими условиями произрастания. Суммируя воздействие всех без исключения факторов, грибы являются своего рода индикаторами загрязнения и отражают состояние окружающей среды в целом.

В связи с этим, наблюдения и контроль за содержанием радионуклидов в грибах являются неотъемлемой частью мониторинга, проводимого на территориях вокруг всех объектов использования атомной энергии, в том числе и вокруг атомных станций.

Результаты измерений удельной активности радионуклидов цезия-137 в грибах района расположения Кольской АЭС и территорий различных регионов России (в качестве сравнения), представленные в [95, 136] и обобщенные на рисунке 6.3.5.3, показывают, что значения радионуклида ^{137}Cs более чем 10 раз ниже допустимых значений, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01.

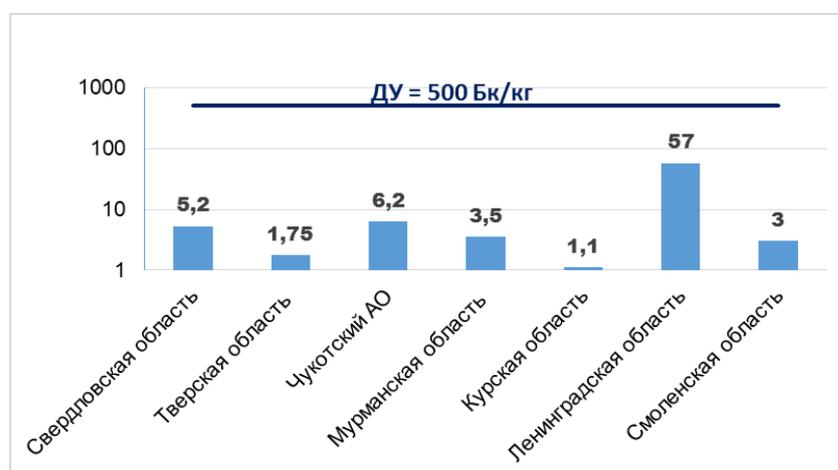


Рисунок 6.3.5.3. Содержание радионуклидов ^{137}Cs в грибах на территории различных регионов России

6.3.5.2 Охраняемые виды и места их концентрации

Флора сосудистых растений в зоне влияния КАЭС (окрестности г. Полярные Зори, пос. Африканда и н.п. Зашеек) по материалам полевых работ, проводимых сотрудниками ИППЭС КНЦ РАН в 2020 году, насчитывает 430 видов сосудистых растений, в том числе 300 аборигенной флоры и 130 адвентивных.

В 15 км зоне вокруг станции выявлено 26 видов растений, грибов и лишайников из Красной книги Мурманской области (ККМО), 7 из них внесены в Красную книгу Российской Федерации (ККРФ). Образцы, собранные в 2020 г., хранятся в гербариях ИППЭС КНЦ РАН (INER), ПАБСИ КНЦ РАН (КРАВГ) и Ботанического музея Университета г. Хельсинки (H) [27].

Охраняемые виды растений и лишайников распространены неравномерно по территории в 15 км зоне КАЭС (Рисунок 6.3.5.2.1). 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. На основании проведенных полевых исследований и анализа литературных данных можно выделить три района концентрации охраняемых видов.

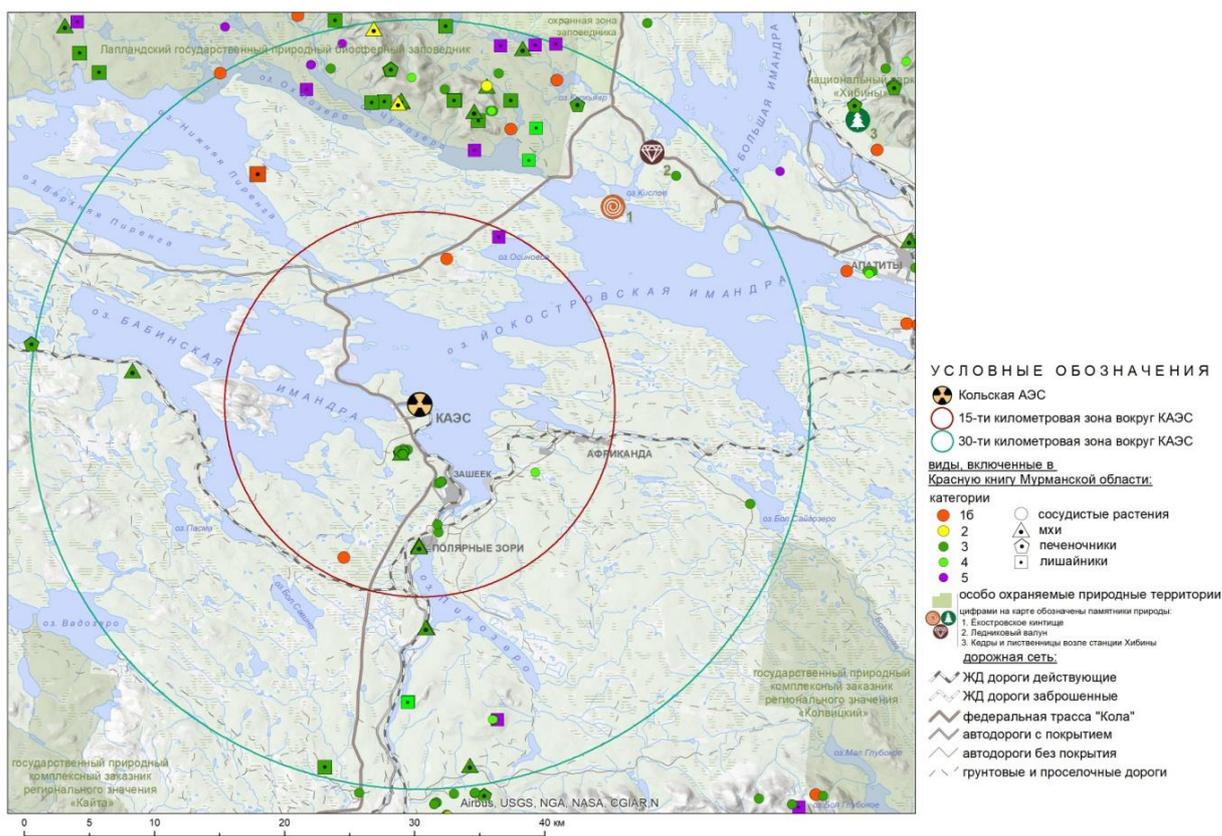


Рисунок 6.3.5.2.1 - Редкие виды растений и лишайников в 15 и 30 км зонах вокруг КАЭС

Первый район — гора Лысая, где встречаются тетродонтиум широковыемчатый, костенец зеленый, криптограмма курчавая, осока ледниковая, тимьян субарктический, жирянка волосистая, протолофозия удлиненная 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 годвальный. 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.

Полностью охраняемыми являются 14 видов. К исчезающим (находящимся под угрозой исчезновения) относятся: башмачок настоящий и ива трехтычинковая.

Два вида – пальчатокоренник Траунштейнера и костенец зеленый являются уязвимыми (редкими с сокращающейся численностью).

Редких или узколокальных - 12 видов: осока свинцово-зеленая, хамедафне чашечная, пололепестник зеленый, ладьян трехнадрезный, криптограмма курчавая, щучка сизая, кипрей белоцветковый, гудайера ползучая, кокушник комариный, тайник сердцевидный, жимолость алтайская, камнеломка болотная.

В окрестности пос. Африканда встречается 11 редких видов: башмачок настоящий, пальчатокоренник пятнистый, рябина Городкова и др.

Плотность редких и исчезающих видов сосудистых растений в 30 км зоне района размещения Кольской АЭС невелика и составляет менее 20 находок на 100 км² (рисунок 6.3.5.2.2.).

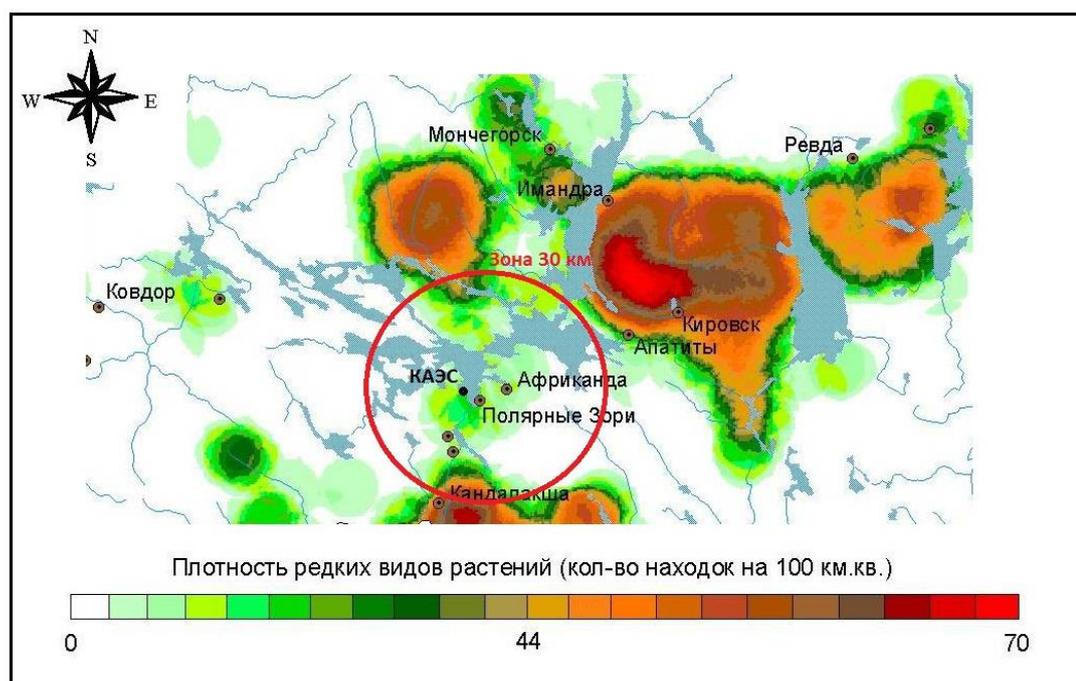


Рисунок 6.3.5.2.2 - Плотность редких и исчезающих видов сосудистых растений в районе размещения Кольской АЭС

Среди редких растений, встречающихся в исследуемом районе, есть несколько видов охраняемых не только на территории Мурманской области, но и на территории РФ - башмачок настоящий, осока свинцово-зеленая – виды Красной книги [49].

Здесь произрастает 7 видов семейства *Orchidaceae*, полностью включенного в Международную конвенцию редких видов растений.

6.3.5.3 Оценка влияния Кольской АЭС на состояние лесных экосистем

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 хвои ели (возбудитель *Chrysomyxa abietis* (Wallr.) Unger (рис. 6.3.5.3.1), ржавчина листьев березы (возбудитель *Melampsorium betulinum* (Pers.) Kleb.) (рис. 6.3.5.3.2) [50]. 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.



Рис. 6.3.5.3.1. Ржавчина хвои ели.



Рис. 6.3.5.3.2. Ржавчина листьев березы.

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 зону вокруг КАЭС. В результате лесопатологического обследования древостои 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-километровой 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-километровые 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. На основании анализа таксационных показателей древостоев, входящих в 15-км зону вокруг АЭС, полученных при последнем лесоустройстве 1999 года, не выявлено отклонений в ростовых процессах и общем состоянии лесов. Средние показатели, характеризующие древостои по их современной оценке, соответствуют среднеобластным показателям по таким параметрам, как бонитет и полнота, средний запас древесины в спелых и перестойных насаждениях, общая продуктивность древесной массы.

Влияние техногенного загрязнения по данным различных исследований, проявляется в основном в северной части 30-километровой 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.

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-километровой 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.

6.3.6 Животный мир

Биологическое разнообразие

Согласно литературным данным [47-52], среди 242 видов наземных позвоночных Мурманской области отмечены: 41 вид млекопитающих, 196 видов птиц, 2 вида пресмыкающихся и 3 вида земноводных. Из птиц постоянными обитателями региона являются около 60 видов, 63 % видового состава птиц регистрируются лишь в период их гнездования.

Фаунистический комплекс наземных млекопитающих Кольского Севера разнообразен и представлен арктическими (7 видов), европейскими (9 видов) и сибирскими (9 видов) животными. 16 видов зверей мигрировали на Кольский полуостров с прилегающих северных территорий. Крупные хищники (ястреб-тетеревятник, орёл, кречет, филин) зимуют в годы обилия боровой дичи, норвежского лемминга.

Фаунистический список млекопитающих в окрестностях КАЭС насчитывает 26 видов. Класс рептилий представлен 2 видами (гадюка обыкновенная, ящерица живородящая) и класс земноводных – 1 видом (лягушка травяная).

На сопредельных с площадкой КАЭС территории ландшафтное многообразие и сочетание высотной поясности обуславливает обширный комплекс животного населения. Подавляющее большинство млекопитающих обитает в долинных биотопах, в склоновых лесах, избегая горно-тундровых и открытых пространств.

Среди мелких млекопитающих доминируют в лесном поясе красно-серая полевка (13 экз./га), в горно-тундровом - норвежский лемминг (11 экз./га), содоминантами являются рыжая полёвка (8 экз./га), средняя и обыкновенная бурозубки (4 экз./га), в отдельные годы и полевка-экономка (4 экз./га). Среди мелких хищников - горностаи (5 экз./1000 га), лисица (2 экз./1000 га) и американская норка (0,3 экз./1000 га), среди крупных хищников – бурый медведь (0,1 экз./1000 га). Среди копытных наиболее распространен лось (0,8 экз./1000 га).

Среди птиц доминируют кряква, большой крохаль, гоголь, зимняк, дербник, белая куропатка, глухарь (4 экз. на 1000 га), тетерев (3 экз. на 1000 га), фифи, перевозчик, бекас, серебристая чайка, кукушка, трёхпалый дятел, жёлтая трясогузка, луговой конёк, свиристель, горихвостка, обыкновенная каменка, рябинник, белобровик, пеночка-весничка, серая мухоловка, сероголовая гаичка, камышовая овсянка, пуночка, юрок, обыкновенная чечётка, щур, кукша. В 30-километровой зоне вокруг КАЭС за 2011-2019 гг. отмечено 124 вида птиц, из которых 108 гнездятся, 7 видов пролетают транзитно, 9 – залетают с их основной части ареала. 20 – зимуют регулярно, ещё 22 вида зимуют при наличии кормов и их доступности, остальные 82 – мигранты.

Численность многих видов животных, за исключением мышевидных грызунов, не претерпевает значительных изменений по годам. Вслед за изменением обилия мелких млекопитающих происходят сокращения численности животных-миофагов, таких как горностаи, ласка, ястребиная сова, зимняк и другие.

Распространение, численность, экологические группы

Комплекс горно-лесных местообитаний. Млекопитающие характеризуются бедностью состава. Из мелких видов многочисленны бурозубки, полевки и лемминги. Среди промысловых видов обычными являются белка, заяц-беляк, лисица, норка, куница,

лось. Амфибии и рептилии представлены травяной лягушкой, обыкновенной гадюкой и живородящей ящерицей. Из птиц многочисленны сероголовая гаичка, дрозды белобровик и певчий, жёлтая трясогузка, юрок, серая мухоловка, пеночка-весничка, кукушка, кукша, варакушка, горихвостка, лесной конёк, трёхпалый дятел, дербник, мохноногий сыч. Из промысловых видов обычны белая куропатка, тетерев, глухарь, рябчик.

Комплекс долинных, околородных местообитаний. Из амфибий обитают травяные лягушки. Среди млекопитающих преобладают полёвка-экономка, ондатра, американская норка, выдра. Среди птиц многочисленны утиные, кулики и воробьиные. Обычны камышовая овсянка, овсянка-ремез, белая трясогузка, полярная крачка, сизая чайка, бекас, перевозчик, фифи, большой улит, чирок-свистунок, кряква, большой и длинноносый крохали, синьга, гоголь. Гуси гуменники и лебеди-кликуны *Cygnus cygnus* встречаются чаще во время миграций.

Комплекс горно-тундровых местообитаний. Среди мелких грызунов распространены обыкновенная бурозубка, тёмная и красно-серая полёвки, норвежский лемминг. Из широко распространённых зверей здесь регистрируются медведь, россомаха, волк. Среди пернатых представителей чаще всего встречаются пуночка, обыкновенная каменка, луговой конёк, золотистая ржанка, тундряная куропатка.

Промысловые виды и промысловые угодья

Наибольший вклад в пушной промысел области вносят 8 видов зверей - норка, куница, ондатра, лисица, горностай и белка, лось. К охотничьей орнитофауне относятся 12 видов птиц - рябчик, глухарь, белая куропатка, тетерев, кряква, гоголь и другие.

Оценка состояния биотопов ценных и охраняемых видов

Среди амфибий и рептилий к охраняемым видам принадлежат живородящая ящерица и обыкновенная гадюка. Среди млекопитающих редкими являются крошечная водяная кутора, речная выдра, лесной лемминг.

В зоне КАЭС имеются участки, пригодные для обитания, массового гнездования, пролёта, отдыха и питания гусей и других водоплавающих птиц. Заметного отрицательного воздействия на фауну редких видов птиц непосредственная близость КАЭС не оказывает.

Существование большинства видов редких зверей связано с лесными массивами. Для лесного лемминга важно сохранение травяных ельников с зелёными мхами в напочвенном покрове, для куторы – обилие почвенных и водных беспозвоночных, для выдры – сохранение рыбных запасов в озерно-речных системах. Основное отрицательное воздействие на редкие и промысловые виды возможно через факторы беспокойства, браконьерства и пожары, поэтому необходимы охотничий надзор и соблюдение природоохранного законодательства. При сохранении условий существования основные популяционные параметры видов, в частности, распределение и обилие, в ближайшем будущем не изменятся. В условиях Мурманской области были определены виды-биоиндикаторы нарушения природной среды [51], среди них насекомоядные млекопитающие. Выявленное устойчивое присутствие в териологическом комплексе насекомоядных млекопитающих – землероек-бурозубок – указывает на удовлетворительную современную экологическую обстановку в окрестностях Кольской АЭС.

6.4. Характеристика водных экосистем

6.4.1 Описание гидрографической сети региона

Самым крупным внутренним водоемом Кольского полуострова является озеро Имандра, состоящее из трех, сравнительно обособленных, плесов: Большой Имандры, Йокостровской и Бабинской Имандры. Кольская атомная станция расположена на берегу плеса Йокостровская Имандра, из которого берет начало река Нива, впадающая в Кандалакшский залив Белого моря. Начиная с 1934 на р. Нива последовательно был возведен каскад Нивских ГЭС, приведший к зарегулированию стока и образованию водохранилища. В 1938 г. с целью регулирования стока в озеро Имандра было образовано водохранилище Пиренга с помощью подпора вод озер Верхняя и Нижняя Пиренга плотинной регулирующего сооружения на р. Пиренга, впадающей в Йокостровскую Имандру.

Площадь водосбора Имандры - 11420 км² (без учета площади зеркала). Соотношение площадей Большой, Йокостровской и Бабинской Имандр составляет соответственно 41, 49 и 10 %. Средняя высота водосбора 260 м над уровнем моря, залесенность – 70 %, заболоченность – 5 %, густота речной сети – 0,55 км/км². Наиболее крупные реки, впадающие в Имандру: Пиренга (площадь водосбора 4260 км²), Монча (1480 км²), Печа (685 км²) и Пасма (733 км²).

При уровне мертвого объема (124,0 м БС) площадь зеркала Имандры составляет 750 км², объем – 8,37 км³. Полезный объем 2,83 км³.

Большая Имандра имеет вытянутую в меридиональном направлении форму. Наибольшие глубины сосредоточены в узкой полосе вдоль восточного берега южной части озера.

В широтном направлении, почти перпендикулярно Большой Имандре, простираются Йокостровская и Бабинская Имандра. Большая Имандра соединялась с Йокостровской проливом шириной менее 1 км. При строительстве автодороги в 1971 году пролив был сужен до 50-60 м (глубина - до 10 м).

Йокостровская Имандра состоит из двух водоемов, соединяющихся проливом Заячья Салма шириной 1.5 км и глубиной до 10-12 м. Для нее характерно относительно ровное дно с отдельными небольшими впадинами, наибольшие глубины находятся в западной части.

Двумя проливами - Широкая (шириной 600 м) и Узкая Салма (100 м) - Йокостровская Имандра соединялась с Бабинской. При строительстве автодороги в период с 1964 по 1965 год пролив Широкая Салма сужен до 60-65 м (глубина 15-17 м), а пролив Узкая Салма - полностью перекрыт.

Бабинская Имандра - наименьшая по площади зеркала (18%) и объему (22%) часть оз. Имандра. Котловина ее представляет собой чередование глубоких впадин и островов. В центральной части Бабинской Имандры расположен наиболее крупный остров Ермостров площадью 26 км². Наибольшие глубины находятся к востоку от Ермострова. Берега высокие, сильно расчленены, покрыты лесом. Наиболее крупные губы - Молочная, Камка-Лухт, Кунчаст, Пасма и Уполокша.

Основные морфометрические характеристики озера показаны в таблице 6.4.1.1.

Таблица 6.4.1.1 Основные морфометрические характеристики озера

Наименование плеса	Общая площадь, км ²	Площадь зеркала, км ²	Глубина, м		Объем воды, км ³
			наибольшая	средняя	
Большая Имандра	333	311,6	67,0	10,2	4,6
Йокостровская Имандра	385	352,2	42,0	9,1	3,8
Бабинская Имандра	158	148,7	43,5	12,4	2,4
Все озеро	876	812,5	67,0	10,3	10,8

В безледный период на оз. Имандра из всех течений наибольшее значение имеют ветровые и стоковые. Перемещения водных масс под воздействием ветра на озере определяются одновременным воздействием целого ряда факторов: ветрового режима, стоковых течений, глубины, рельефа дна и очертания берегов. На ветровые течения оказывают влияние ветер предшествующего периода, а также колебания водных масс сгонно-нагонного происхождения. Ветровые течения подразделяются на дрейфовые, компенсационные и вторичные ветровые.

Глубина проникновения ветровых течений возрастает при усилении скорости ветра, продолжительности его действия и при уменьшении стратифицированности масс воды. Материалы наблюдений показали, что в период слабой стратификации и гомотермии в оз. Имандра при установившемся ветре по ветру движется верхний 2-5-метровый слой воды. Ниже этого слоя течение обычно направлено или под большим углом к ветру в результате взаимодействия с остаточными течениями, вызванными предыдущими ветрами, или в сторону, противоположную ветру. В отдельных случаях компенсационные течения могут захватывать почти всю водную толщу. В Йокостровской и Бабинской Имандре северный ветер направлен под углом к продольной оси озера, поэтому скорости течения как следствие имеют более сложное распределение по площади. Общее перемещение масс воды происходит в губы Охтокандскую, Зашеечную, Пасма-губу с одновременным сгоном воды из губ Уполокши, Молочной, Княжой. У подветренного берега скорости поверхностного течения несколько меньше, чем в середине и у наветренного берега, по абсолютной величине они меньше, чем в Большой Имандре. В Йокостровской Имандре при ветре 4 м/с скорости течения составляют 8 см/с, а в Бабинской Имандре - 5 см/с.

При южных ветрах поверхностное течение направлено с юга на север. В Йокостровской и Бабинской Имандре южный ветер (как и северный) направлен под углом к продольной оси озера, поэтому поле скоростей течения имеет сложное распределение. В Йокостровской Имандре общий перенос осуществляется в северо-восточном направлении в район Йокостровского пролива и частично в северо-западном направлении из губы Зашеечной к северному берегу. В Бабинской Имандре развивается сложная циркуляция водных масс и происходит небольшой нагон в губу Уполокшу и пролив Широкая Салма. Скорость дрейфовых течений в Йокостровской и Бабинской Имандре по абсолютной величине меньше, чем в Большой Имандре.

Стоковые течения оз. Имандра по абсолютной величине и влиянию на динамику вод менее существенны по сравнению с ветровыми. Озеро Имандра является аккумулятивно-транзитным водоемом с коэффициентом условного водообмена, равным 0,4. Обмен водных масс озера происходит 1 раз в 2,5 года; уклон, создаваемый притоком и стоком, практически неощутим, транзит вод выражен очень слабо. Наиболее заметно стоковые течения выражены в проливах Йокостровском и Широкая Салма, в местах впадения рек, в зоне выклинивания подпора и в районе подводящего канала ГЭС Нива-1.

Озеро Имандра является источником технологического и хозяйственного - питьевого водоснабжения, а также приемником сточных вод не только для Кольской АЭС, но и для других крупных промышленных предприятий центральной части Кольского п-ва (Кольская ГМК, АО «Апатит», др.). Активными водопользователями озера Имандра являются также и городские поселения (г. Мончегорск, г. Апатиты, г. Полярные Зори, поселки Африканда, Нива-1, Зашеек).

Между озерами Йокостровская и Бабинская Имандра прорыт искусственный канал, по которому вода из Йокостровской Имандры, пройдя технологический цикл в АЭС, сбрасывается в губу Молочная Бабинской Имандры.

Губа Молочная представляет собой небольшой залив длиной от 5 до 6 км, шириной от 2 до 2,5 км, средней глубиной 17,5 м. По характеру водообмена губа относится к слабопроточным, водообмен происходит за счет поступающих в нее подогретых вод Кольской АЭС и за счет глубинных озерных вод, с которыми она сообщается через понижение шириной до 2.5 км и глубиной до 35 м., расположенное между Орловыми островами и южной оконечностью полуострова Роват [52].

6.4.2 Физико-химические показатели качества поверхностных вод в районе размещения Кольской АЭС

Цветность

Цветность воды, являющаяся косвенным показателем привнесенного с водосбора аллохтонного органического вещества, в губе Молочная имеет достаточно низкие значения и варьирует от 10 до 15°Pt при нормативе 30° Pt [53].

Газовый режим

Газовый режим озера во все сезоны года благоприятен для фауны. Незагрязненная часть водной толщи хорошо аэрируется вследствие интенсивного ветро-волнового воздействия и конвективного перемешивания. С началом осеннего термического охлаждения водных масс область дефицита O₂ очень быстро размывается и средневзвешенные значения содержания O₂ постоянно превышают 85 %-ный уровень.

В Бабинской Имандре содержание кислорода в озерной воде колебалось от 10,1 до 13,2 мгО/дм³, при среднем значении 11,3 мгО/дм³, насыщение от 86,0 до 104,2 %, при среднем - 94,0 %.

Самое высокое содержание кислорода во все сезоны года отмечается в воде сбросного канала Кольской АЭС - ее насыщение постоянно превышает 100%. Зимой в придонных слоях оно может снижаться до 60-80%, летом - повышаться до 121% (абсолютное содержание 10,3 мг/дм³).

Для оз. Имандра характерно низкое содержание двуокиси углерода в природных водах. Количество растворенной углекислоты зимой несколько больше (1-14 мг/дм³), чем в безледоставный период – 0,5-11 мг/дм³ [55].

Стратификация по двуокиси углерода выражена незначительно. В Зонах II и III более четко прослеживается увеличение концентрации двуокиси углерода в придонном слое. Осенью увеличение содержания СО₂ с глубиной прослеживается еще более отчетливо по всей акватории губы Молочной (Зоны I, II, III).

Относительная прозрачность

Прозрачность воды в плесе - Бабинская Имандра за весь период наблюдений варьировала от 7,0 до 5,2 м. В то же время, в губе Молочная, за счет поступления большого объема подогретых вод с Кольской АЭС прозрачность снижалась, как вследствие взмучивания потоком сбросных вод, так и из-за активизации процессов эвтрофирования, т.е. увеличения количества взвешенных планктонных форм.

Взвешенные вещества

В 80-е годы прошлого столетия концентрация взвешенных веществ в зоне сброса теплых вод изменялось от аналитического нуля до 12,4 мг/дм³, при этом средние значения составляли от 0,4 до 1,5 мг/дм³. В настоящее время (по данным за период с 2011 по 2015 гг.) среднее содержание взвешенных веществ в губе Молочной озера Имандра составляет 0,65 мг/дм³. Это позволяет сделать вывод о том, что дополнительный вынос взвешенных веществ за счет работы станции и прохождения потока по каналу сравнительно незначителен.

В сточных водах КАЭС (объединенный выпуск после очистных сооружений) за период с 2016 по 2020 год содержание взвешенных веществ варьировало от 0,55 мг/дм³ до 9,45 мг/дм³, при среднегодовой концентрации - 3,0 мг/дм³.

Концентрация взвешенных веществ в подводящем и отводящем каналах Кольской АЭС примерно одинакова и составляет в среднем 1,33 мг/дм³.

Водородный показатель

Водородный показатель в оз. Имандра изменялся от 6,4 до 7,2. В плесе Бабинская Имандра за последние двадцать лет его величина оставалась достаточно стабильной и равнялась 7,2 при нормативе 6,5-8,5. В губе Молочной до начала эксплуатации КАЭС рН составлял 6,7. Поступление подогретых вод привело к незначительному подщелачиванию озерной воды. Это явление объяснялось следующими причинами: в районе водозабора в Йокостровской Имандре рН несколько выше за счет распространения здесь щелочных сточных вод промышленных предприятий. Максимальное значение рН отмечалось летом при прогреве воды (рН от 7,1 до 7,4). По мере удаления от устья канала по ходу распространения потока рН снижался и в Зоне III - слабого теплового воздействия - в среднем составлял 7,0, а в придонном слое – 6,9. В зимний период отмечаются самые низкие величины рН – 6,9 [16]. В период с 2001 по 2006 годы величина рН составляла в канале – 7,22, в самой губе Молочная – 7,26. В настоящее время (по данным за 2015 год) величина рН в подводящем канале, отводящем канале и в самой губе Молочной (контрольный створ 500м) варьирует от 7,3 до 7,7.

Общая минерализация

Природная величина минерализации озера Имандра, рассчитанная за многолетний период наблюдений, составляет 24 мг/дм³ и характеризует водоем как ультрапресный.

Самые низкие величины минерализации характерны для Бабинской Имандры. В 1970-х годах этот показатель был равен 22 мг/дм³ [53]. В губе Молочной до начала воздействия Кольской АЭС ее величина (по данным архивных материалов) колебалась от 16,7 до 30,5 мг/дм³, в среднем составляла 22 мг/дм³. В Йокостровской Имандре, из которой забирается вода для охлаждения агрегатов станции, минерализация воды выше - от 18 до 55 мг/дм³, в среднем 33,3 мг/дм³. В результате работы Кольской АЭС минерализация воды увеличилась более чем в два раза. В период 1980-х годов ее величина составляла в среднем: осенью – 43,1 мг/дм³, зимой – 47,7 мг/дм³, весной – 55,6 мг/дм³, летом – 44,0 мг/дм³.

Разница в ионном составе воды в районе водозабора (Йокостровская Имандра) и природным составом вод Бабинской Имандры так же, как и в случае с минерализацией объясняется поступлением загрязненных вод из Большой Имандры. Как известно, в Большую Имандру сбрасываются хозяйственные стоки городов, сточные воды комбината «Североникель», ОАО «Апатит» и других промышленных предприятий, которые содержат фосфаты, сульфаты, хлориды и др. загрязняющие вещества. То есть отчетливо прослеживается эффект подтягивания хозяйственных стоков, «хвостов» горно-обогатительных и металлургических предприятий к району водозабора Кольской АЭС, но полного смешения вод в губе Зашеечной не происходит. Наибольшие значения общей минерализации (54,2 мг/л – в поверхностном слое, 63,4 мг/л – в придонном слое) наблюдается на станциях отбора проб по продольному направлению восточного берега губы Зашеечной, вдоль которого текут, вероятно, воды из Большой Имандры. В направлении стока из озера Имандра воды с меньшей минерализацией сосредоточены вдоль западного берега губы Зашеечной, где расположен водозабор Кольской АЭС, основу которых составляет сток из Бабинской Имандры. В пробах воды, отобранных на входе в губу Зашеечную в районе о. Нестеров и Заячьей Салмы, общая минерализация составляла 52,0 – 66,4 мг/л. Естественно, эти потоки привели к изменениям в ионном составе воды губы Молочной по сравнению с природным значением [54].

В сточных водах КАЭС (объединенный выпуск после очистных сооружений) за период 2016-2020 гг. средняя величина общей минерализации за год составила $98,9 \pm 18$ мг/дм³ при нормативе 1000 мг/дм³.

Увеличение минерализации воды в губе Молочной вызывается двумя причинами: перекачиванием более минерализованных вод из Йокостровской Имандры и усилением деятельности бактерий - редуцентов в теплой воде. Таким образом, в условиях подогрева субарктического водоема наблюдается некоторое увеличение общей минерализации воды.

Основной ионный состав

По соотношению главных ионов вода оз. Имандра относилась к гидрокарбонатно-натриевому типу. В южном плесе озера - Бабинской Имандре вода относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция ($Ca^{2+} > Na^{+} + Mg^{2+}$) [55].

В начале восьмидесятых годов в анионном составе содержание сульфатов увеличилось за счет гидрокарбонатов, количество которых в среднем составляло: осенью

– 22,9 %-экв., зимой – 10,70 %-экв., весной 25,66 %-экв., летом – 22,78 %-экв. Содержание сульфатов в обогреваемой зоне стало почти соответствовать количеству гидрокарбонатов, а в весенний период - даже превышать. В водах Молочной губы прослеживалось значительное увеличение хлор-иона - от 1,30 до 3,70 мг/л, что соответствует 3,39-7,58 %-экв.

В катионном составе на первое место вышел натрий ($\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$). Таким образом, вода в обогреваемой зоне сохраняет гидрокарбонатный класс, она теперь относится к группе натрия, тип воды второй, т.е. $\text{HCO}^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$. Весной из-за высокого содержания сульфатов, превышающих содержание гидрокарбонатов, вода соответствует сульфатному классу [57, 58].

Сульфат-ион SO_4^{2-}

В период с 2016 по 2020 год содержание сульфатов в отводящем канале и в губе Молочная варьировало от 10,7 до 10,3 мг/дм³ при нормативе 100 мг/дм³.

В сточных водах КАЭС (объединенный выпуск после очистных сооружений) средняя концентрация сульфатов за последние 5 лет составила 14,9 мг/дм³.

Хлорид-ион Cl^-

В период с 2016 по 2020 год содержание хлоридов в канале составляло и в губе Молочная составляло от 1,67 до 5,87 мг/дм³ при нормативе 300 мг/дм³.

В сточных водах КАЭС (объединенный выпуск после очистных сооружений) в 2019г. содержание хлоридов варьировало от 7,5 мг/дм³ до 18,9 мг/дм³, средняя концентрация за год составила 12,1 мг/дм³.

Кальций Ca^{2+}

Содержание кальция в губе Молочная оставалось постоянным [16] и достигало 3,35 мг/дм³ при нормативе 180 мг/дм³. В отводящем канале содержание кальция достигало – 3,42 мг/дм³.

Магний Mg^{2+}

Содержание магния в губе Молочная [16] оставалось на уровне 1,03 мг/дм³ при нормативе 40 мг/дм³. В отводящем канале содержание магния достигало 1,00 мг/дм³.

Натрий Na^+

В период с 2016 по 2020 год содержание натрия в губе Молочная варьировало в пределах от 6,2 до 11,6 мг/дм³ при нормативе 120 мг/дм³. В отводящем канале этот показатель поднимался до 12,9 мг/дм³.

Калий K^+

В период с 2016 по 2020 год содержание калия в губе Молочная варьировало в пределах от 0,93 до 2,26 мг/дм³ при нормативе 50 мг/дм³. В отводящем канале содержание калия не превышало 2,2 мг/дм³.

Железо Fe

Содержание железа (общего) в плесе Бабинская Имандра в настоящее время не превышает установленных ПДКр/х (100 мкг/дм³) и принятой условно-фоновой концентрации (34 мкг/дм³), варьируя от 10 до 18 мкг/дм³. Его содержание в районе исследования в 1980-х годах колебалось от аналитического нуля до 210 мкг/дм³. По мере распространения потока теплых вод концентрация железа снижалась. В 2019 г. содержание железа в отводящем канале составляло от 20 до 70 мкг/дм³ при нормативе 100 мкг/дм³. В губе Молочная эта

величина варьировала в период с 2016 по 2020 год в пределах от 6 до 70 мкг/дм³, при среднем значении 24 мкг/дм³.

Кремний Si

Растворенные соединения кремния, при величинах pH озерной воды, близких к 7, находятся в ней в форме недиссоциированной кремневой кислоты – H₄SiO₄. В губе Молочной в 1980-х годах кремний в воде содержался в количествах от 0,28 до 2,24 мкг/дм³, в среднем составляя 0,9 мкг/дм³.

В конце 1990-х годов в Бабинской Имандре данный показатель возрос до 1,2 мкг/дм³. В период с 2001 по 2006 год содержание кремния в губе Молочная варьировало в пределах от 0,94 до 1,13 мкг/дм³ при нормативе 10 мкг/дм³ [5]. В отводящем канале этот показатель был ниже и составлял 0,68 мкг/дм³.

Главным источником соединений кремния в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения кремнесодержащих минералов. Значительные количества кремния поступают в процессе отмирания наземных растений и водных растительных организмов, в частности, диатомовых водорослей.

Биогенные элементы

По содержанию биогенных элементов озеро Имандра в природном состоянии характеризуется как олиготрофное, с достаточно низким содержанием соединений азота (NO₃ до 35 мкг/дм³) и фосфора (PO₄ до 8 мкг/дм³). На режим биогенных элементов в 15-км зоне Кольской АЭС оказывают влияние: периодичность и объем сброса хозяйственно-бытовых сточных вод АЭС; остатки корма рыбоводного хозяйства и продукты жизнедеятельности рыб, попадающие в воду; проточность; степень подогрева воды и обуславливаемая этим фактором активность химических и биологических процессов.

Фосфор. В природных водах фосфор присутствует в виде растворенных неорганических и органических соединений, а также в виде взвесей неорганического и органического происхождения.

Содержание фосфора общего соответствует природному только в плесе Бабинская Имандра. С началом работы АЭС содержание фосфора минерального возросло в 2,5-3 раза, его средние значения уже к 1974 г. составляли 5-6 мкг/дм³. В конце девяностых годов среднегодовые значения его варьировали в пределах 5-13 мкг/дм³.

В настоящее время концентрация растворенного фосфора в отводящем канале достигает 58 мкг/дм³, летом – 30 мкг/дм³. Повышение концентраций фосфора обусловлено, главным образом, постепенной миграцией его соединений из плеса Большая Имандра, загрязненного сточными водами АО «Апатит», занимающегося добычей и переработкой фосфатного сырья. Среднегодовые концентрации фосфора в плесе Большая Имандра достигают 300 мкг/дм³.

Фосфаты (PO₄⁺). В 2019 г. в губе Молочной содержание фосфатов составляло 0,02 мг/дм³ при нормативе 3,5 мг/дм³. В сточных водах КАЭС (выпуск после очистных сооружений) в период с 2016 по 2020 г. содержание фосфатов варьировало от 0,2 мг/дм³ до 2,1 мг/дм³, при этом средняя концентрация за год составляла 0,8 мг/дм³.

Азот. Азот в поверхностных водах содержится в виде ряда неорганических (нитритные, нитратные и аммонийные ионы) и разнообразных органических соединений.

Для олиготрофных водоемов содержание общего азота находится обычно в пределах 300-700 мкг/дм³.

Анализ территориального распределения содержания азота показал, что содержание азота общего не превышает 300 мкг/ дм³. В отводящем канале содержание общего азота (по данным 2006 г.) составляет около 200 мкг/дм³.

Аммонийный азот (NH₄⁺). Содержание аммонийного азота в природных водах озера Имандра очень низкое: от аналитического нуля до 0,1 мг/дм³, при средних значениях за многолетний период 0,05 мг/дм³ при нормативе 0,5 мг/дм³. В губе Молочной среднее содержание аммония за последние 5 лет составляло 0,06 мг/дм³ в зависимости от сезона года, максимальное значение – 0,15 мкг/дм³.

В сточных водах КАЭС (объединенный выпуск после очистных сооружений) за период 2016-2020 гг. среднее содержание аммонийного азота составляло 0,74 мг/дм³.

Нитратный азот (NO₃⁻). В природных водах плеса Бабинская Имандра содержание нитратов очень низкое - обычно на уровне аналитического нуля (иногда повышается до 0,1 мг/дм³). Содержание нитратов в воде плесов Йокостровская и Бабинская Имандра в летний период не превышает 0,01 мг/дм³ при нормативе 40 мг/дм³.

В губе Молочной и прилегающих акваториях количество нитратов в воде значительно увеличивается. Особенно высокие концентрации отмечаются в весенне-летний период. Средние значения нитратов за период 2016-2020 гг. составляли: в губе Молочной – 0,12 мг/дм³, в отводящем и подводящем канале – 0,11 мг/дм³.

В сточных водах КАЭС (объединенный выпуск после очистных сооружений) в 2019г. содержание нитратов варьировало от 0,073 мг/дм³ до 21,8 мг/дм³, средняя концентрация за год составляла 11,6 мг/дм³.

Нитритный азот. В сточных водах КАЭС (объединенный выпуск после очистных сооружений) в период с 2016 по 2020 гг. содержание нитрит-иона варьировало от 0 до 1,55 мг/дм³, средняя концентрация за год составляла 0,08 мг/дм³.

Органическое вещество

Органическое вещество в озерной воде большей частью находится в коллоидном состоянии, частично - в истинном растворе и отчасти - во взвешенном состоянии.

Содержание органического вещества было очень невысокое и составляло 3,5 мг/дм³. Для природных вод оз. Имандра характерна низкая величина перманганатной окисляемости – от 2,6 до 5,5 мгО/дм³ при нормативе 5 мгО/дм³ [57]. В потоке сбросной воды в канале в 1980-х годах данный показатель в среднем, составлял: осенью – 4,1 мгО/дм³; зимой – 3,9 мгО/дм³; весной – 2,8 мгО/дм³ и летом – 3,6 мгО/дм³. По мере распространения потока теплых вод во всех трех зонах воздействия перманганатная окисляемость изменялась незначительно. Исключением является осенний период, когда в Зоне III окисляемость в среднем составляла 6 мгО/дм³, а максимальное значение – 18,4 мгО/дм³.

Анализ сезонной динамики органического вещества показывает, что максимальные его значения отмечаются в осенне-зимний период, минимальные - в весенне-летний. Связано это с возрастанием активности биохимических процессов и минерализацией органического вещества при прогреве водных масс.

В Молочной губе озера Имандра (контрольный створ) в 2016-2020 гг. величина ХПК варьировала от 7,7 мгО/дм³ до 12,63 мгО/дм³, среднегодовое значение было равно 10,07 мгО/дм³ при нормативе 15 мгО/дм³.

6.4.3 Донные отложения

С целью определения геоэкологического состояния оз. Имандра в зоне влияния деятельности Кольской АЭС специалистами ИППЭС КНЦ РАН 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 Кольской АЭС. Отбирались образцы ДО на 6 станциях (В-3, С-10, D-5, D-7, E-5, F-11) БИ и ЙИ (рис. 6.4.3.1.) отборником колонок открытого гравитационного типа. Колонки ДО были послойно разделены на слои по 1 см, помещены в предварительно помытые 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. 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 [54, 55]. Перечень анализируемых ТМ по сравнению с 1993 г. был дополнен As и Hg.

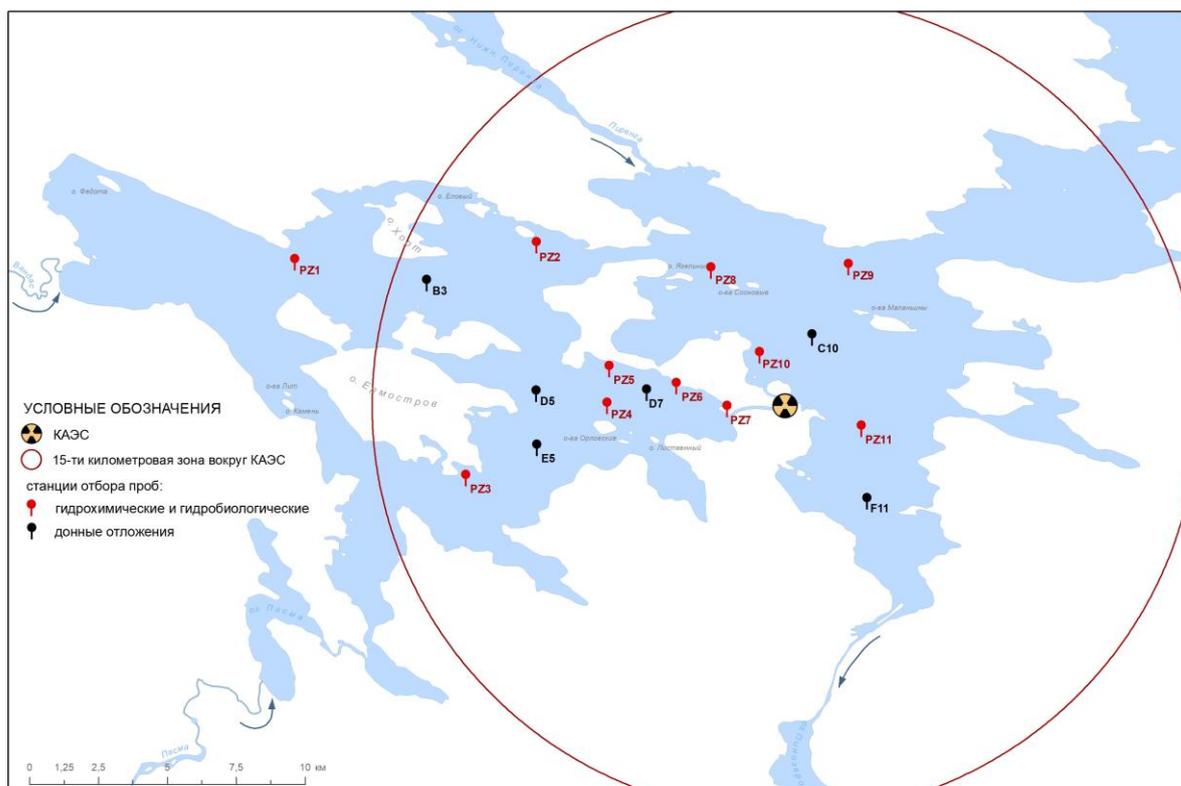


Рис. 6.4.3.1. Схема отбора проб ДО на оз. Имандра.

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 [56.]. Эти изменения затронули также и акватории ЙИ и БИ [57]. 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 также и рост содержаний 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.

Таблица 6.4.3.1. Концентрации (мкг/г сухого веса) металлов в поверхностных (0-1 см) и фоновых слоях донных отложений и значения коэффициента (C_f) 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	
	C_f	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	
	C_f	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	
	C_f	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	
	C_f	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	
	C_f	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	
	C_f	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 Кольской АЭС на загрязнение БИ является незначительным, а основной вклад в него вносит деятельность горно-металлургических предприятий и глобальное загрязнение атмосферы халькофильными элементами.

6.4.4 Биотические характеристики водных экосистем

Микроорганизмы

Общее количество бактерий в воде чистой части оз. Имандра в 1970-х годах в среднем составляло 200 тыс. кл. в 1 мл. Количество сапротрофных бактерий колебалась от десятков до сотен клеток в 1 мл. В воде и донных отложениях преобладали неспороносные, грамотрицательные бактерии (до 93-97% численности). Особенно многочисленны организмы родов *Pseudomonas* и *Bacterium*. Доминирующее место среди неспороносных бактерий занимали бактерии, потребляющие минеральный азот. Из других групп микроорганизмов в водах и грунтах озера встречались микроскопические грибы [58].

В воде губы Молочной общее число бактерий составляло в среднем 300 тыс. клеток в 1 мл, причем количество микроорганизмов, выявленное прямым счетом, в тысячи раз превышало их численность, определенную методом посева. Такую закономерность авторы объясняли возникновением в зоне подогрева своеобразного ценоза специфической микрофлоры, не развивающегося на стандартных питательных средах, но учитываемого прямыми методами. Численность сапрофитных бактерий колебалась в пределах от 80 до 200 кл. в 1 мл [59]. В 1984 г. по сравнению с 1975 г. общая численность бактерий возросла в 4-5 раз и в среднем была равна 1154 тыс. кл. в 1 мл.

Фитопланктон

Всего в составе фитопланктона исследованных станций (2011–2016 гг.) был обнаружен 151 таксон водорослей и цианопрокариотрангом 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* Hass., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *T. flocculosa* (Roth) Kütz., *Aulacoseira subarctica* (O. Müll.) Haworth; *A. islandica* (O. Müll.) Simons., а также представители родов *Fragilaria* и *Staurosira*: *F. capucina* Desm., *F. crotonensis* Kitt., *F. nanana* Lange-Bert., *Staurosira construens* Ehrb. Позиции субдоминантов занимали *Rhizosolenia longiseta* Zachar., *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Compère; *Aulacoseira alpigena* (Grun.) Kramm., *Cyclotella kuetzingiana* var. *planetophora* Fricke in A. Schmidt., *Diatoma tenuis* C. Agardh.

Среди массовых видов золотистых водорослей господствующее положение занимали *Dinobryon divergens* Imhof и *D. cylindricum* var. *palustre* Lemm. Из зеленых водорослей встречались *Trochiscia granulata* (Reinsch) Hansg., *Sphaerocystis schroeteri* Chod., а также десмидиевые – *Cosmarium* sp., *Staurastrum* sp.

Цианобактерии были представлены *Dolichospermum lemmermannii* (Rictor) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, *D. circinale* (Rabenh. ex Born. & Flahault) P. Wacklin, D. flosaquae (Bréb. ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek L. Hoff. & J. Komárek, *Chroococcus dispersus* (Keissl.) Lemm., 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* (Lange-Bert. & E. Reich.) Lange-Bert. & E. Reich., *Rhopalodia gibba* (Ehrb.) O. Müll., из динофитовых – *Ceratium hirundinella* (O. Müll.) Dujardin. 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*, *Cumatopleura solea* (Bréb.) W. Smith, *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 [59], сообщества фитопланктона губы Молочная в последние десятилетия претерпели ряд изменений (рис. 6.4.4.1). Так, доля динофитовых 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*, *Stausosira*, *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 *a* 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 *a* трофический статус вод исследованных плесов находился в пределах β-олиготрофного и α-мезотрофного. В зоне влияния подогретых вод содержание хлорофилла *a* в среднем составляет 2.4 мг/м³, что соответствует β-олиготрофному статусу. Существенного влияния подогретых вод Кольской АЭС на процессы фотосинтеза выявлено не было, трофический статус губы Молочная по содержанию хлорофилла *a* и уровню биомассы оценивается как β-олиготрофный.

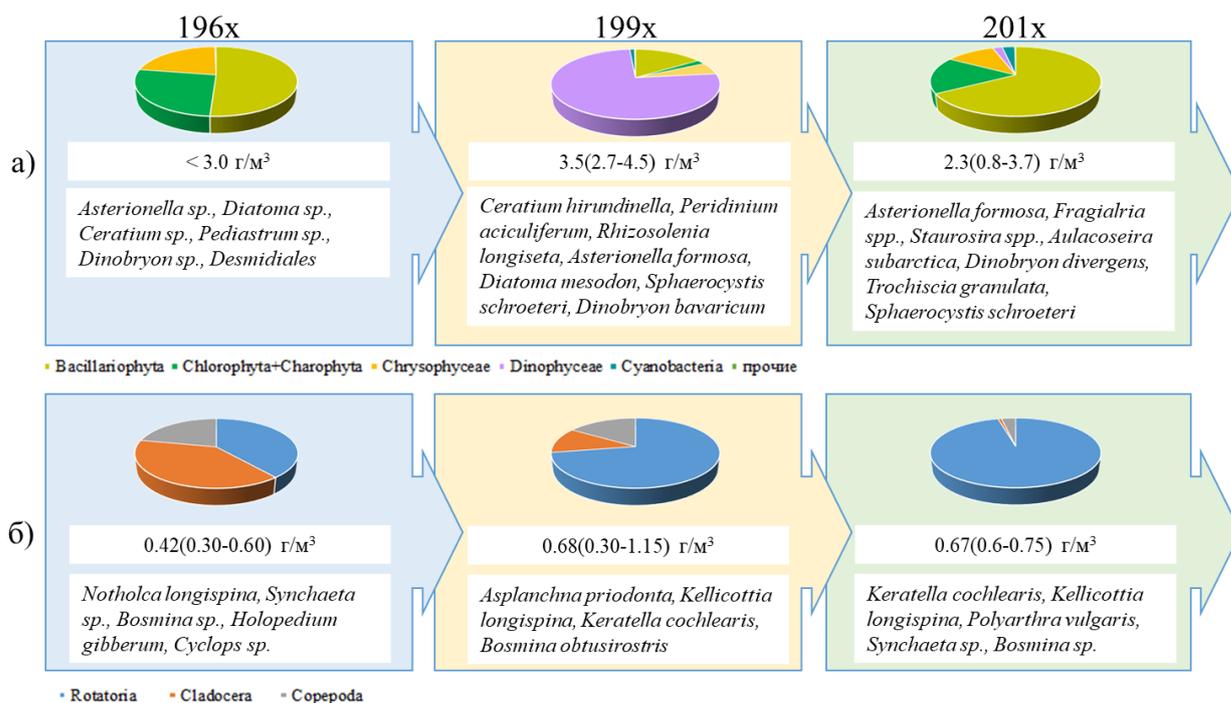


Рисунок 6.4.4.1 Изменения доминирующих видов, биомассы (июнь–август) и соотношения основных таксономических групп сообществ планктона губы Молочная в различные периоды исследований: а) фитопланктон, б) зоопланктон.

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.

Перифитон

Сообщества фитоперифитона (водоросли-обрастатели) являются наиболее показательными индикаторами в динамичных условиях текущих 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 Кольской АЭС 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 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 *Fragilariacacina* Desm. и другие мелкие представители пор. *Fragilariales*, *Meridion circulare* (Grev.) Ag., *Melosira varians* Ag., *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère, *Cymbella cistula* (Ehrb.) Kirch., *S. tumida* (Bréb.) Van Heurck, *Gomphonema truncatum* Ehrb., *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: *Stigeoclonium* sp., *Bulbochaete* sp., *Ulothrix zonata* (Weber & Mohr) Kütz., диатомовых – *Melosira varians* и харовых – *Spirogyra* sp. и *Mougeotia* sp. 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.

Высшая водная растительность

Высшая водная растительность в оз. Имандра бедна. В мелководных прогреваемых заливах встречаются разреженные группировки тростника и хвоща. В местах эвтрофирования прибрежные камни обильно обрастают водорослями-нитчатками. Крутой склон дна и преобладание в литорали различных песчано-каменистых грунтов мешают развитию макрофитов.

Растительность (макрофиты) в зоне, за исключением сбросного канала, развита очень слабо. Только по левому берегу водоотводного канала встречаются поросли рдеста

и шильника. Литораль в открытом водоеме практически лишена растительности. Только на некоторых затишных участках побережья встречаются редкие поросли рдестов, шильника и хвостника *Hippuris vulgaris* [52].

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*, *Cyclopos* sp. В период с июля по август в составе сообществ преобладали 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 [27].

Зообентос

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. [60] и популяция брюхоногих моллюсков *Physella acuta* [61]. Доминируют в бентосе сбросного канала хирономиды родов *Monodiamesa*, *Cricotopus* и *Procladius* (*Monodiamesa bathyphila*, *Polypedilum* gr. *scalaenum*, *Potthastia* spp.), 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 приустьевого 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 *Orthocladinae*. 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 которого 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 железомарганцевые конкреции (70–300 экз./м²), более высокие показатели зарегистрированы для илистых грунтов и глины (350–500 экз./м²).

Состав и количественные показатели зообентоса здесь значительно отличаются от естественных участков озера, что выражается в снижении таксономического разнообразия донной фауны и массовом развитии олигохет. За пределами этой зоны изменений в составе и структуре донных биоценозов не наблюдается, доминируют в глубоководных биоценозах стенотермные холодноводные амфиподы *M. affinis*. По уровню развития бентоса исследованная акватория оз. Имандра относится к олиготрофному или мезотрофному типу.

6.4.5 Ихтиологическая характеристика озера Имандра

Ихтиофауна водоемов Кольского Севера, в том числе и оз. Имандра, относительно бедна в видовом отношении и представлена четырьмя фаунистическими комплексами: бореальным равнинным - щука, окунь, ерш, язь, озерный голянь, бореально-предгорным - хариус, кумжа, понто-каспийским пресноводным - колюшка, арктическим пресноводным -

сиговые рыбы, гольцы рода *Salvelinus*, корюшка, налим. По количеству видов в озере доминируют рыбы бореального равнинного комплекса, но основную долю ихтиопродукции составляют рыбы пресноводного арктического комплекса. В промысловых уловах их удельный вес достигает иногда 90 %.

В настоящее время в состав ихтиофауны БИ в зоне влияния Кольской АЭС входит 12 нативных видов (таблица 6.4.5.1, рисунок 6.4.5.1).

Таблица 6.4.5.1. Ихтиофауна плеса Бабинская Имандра (в зоне влияния Кольской АЭС)

Русское название	Латинское название	Период исследований (гг.)			
		197х	198х	199х	201х
Семейство Лососёвые Salmonidae					
подсемейство Лососёвые (Salmoninae)					
Кумжа	<i>Salmo trutta</i> (L., 1758)	++	+	+	+
Арктический голец	<i>Salvelinus alpinus</i> (L., 1758)	+++	++	+	+
Микижа*	<i>Parasalmo mykiss</i> (Walbaum, 1792)	-	++	++	++
подсемейство Сиговые (Coregoninae)					
Обыкновенный сиг	<i>Coregonus lavaretus</i> (L., 1758)	+++	++	++	++
Европейская ряпушка	<i>Coregonus albula</i> (L., 1758)	+++	++	+	++
подсемейство Хариусовые (Thymallinae)					
Европейский хариус	<i>Thymallus thymallus</i> (L., 1758)	++	++	+	+
Семейство Корюшковые (Osmeridae)					
Европейская корюшка	<i>Osmerus eperlanus</i> (L., 1758)	-	-	+	+++
Семейство Щуковые (Esocidae)					
Обыкновенная щука	<i>Esox lucius</i> (L., 1758)	+	+	+	+
Семейство Окуневые (Percidae)					
Обыкновенный ерш	<i>Gymnocephalus cernuus</i> (L., 1758)	+	+	++	+++
Речной окунь	<i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)	+	+	++	+++
Семейство Налимовые (Lotidae)					
Обыкновенный налим	<i>Lota lota</i> (L., 1758)	+	+	+	+
Семейство Карповые (Cyprinidae)					
Обыкновенный карп*	<i>Ciprinus carpio</i> (L., 1758)	-	+	++	++
Обыкновенный гольян	<i>Phoxinus phoxinus</i> (L., 1758)	++	++	++	++
Семейство Колюшковые (Gasterosteidae)					
Девятииглая колюшка	<i>Pungitius pungitius</i> (L., 1758)	++	++	++	++

Примечания: «-» – вид отсутствует; «+» – вид редко встречается; «++» – вид широко распространен; «+++» вид-доминант; * встречается только (преимущественно) в губе Молочная

Кроме них в плесе присутствуют 2 вида-интродуцента, из них карп полностью 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 [63].



Рисунок 6.4.5.2. Типичные представители ихтиофауны оз. Имандра: 1) ряпушка, 2) щука, 3) окунь, 4) голец, 5) ерш, 6) сиг, 7) корюшка, 8) налим, 9) хариус.

По сравнению с прошлым столетием, в уловах регистрируется снижение численности сигов, ряпушки, кумжи и гольца, и увеличение доли окуня, ерша и корюшки. (рисунок 6.4.5.3).

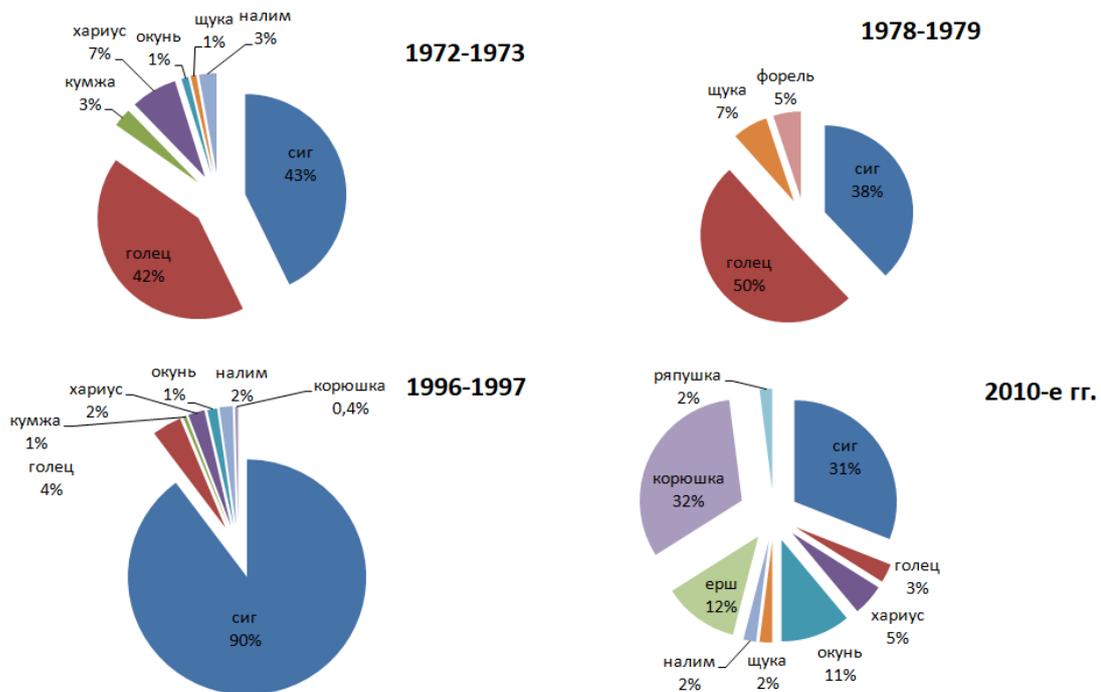


Рисунок 6.4.5.3. Динамика соотношения численности различных видов рыб в контрольных уловах в зоне влияния Кольской АЭС за период наблюдений.

Состояние популяций отдельных видов

Кумжа (озерная форель). В оз. Имандра из всех представителей сем. Лососевых кумжа имеет крайне низкую численность. Наиболее крупная особь массой более 6 кг и длиной 79 см была поймана в 1990-е гг. [54].

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 средние 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 количество 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.

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 [64]. 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 вид имеет 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%. 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 [65]. В БИ, где арктический голец был доминирующим видом, его численность и размерно-весовые показатели неизменно снижались

Сиг, наряду с ряпушкой, ранее являлся доминирующим видом в оз. Имандра. Его ежегодная добыча в период организованного промыслового лова достигала 300–500 ц [66]. 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 Молочная) и губы Молочной подтверждает положительное влияние температурного фактора на темпы роста рыб [67]. 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) [68]. Анализ возрастного состава уловов в разные годы показывает, что по сравнению с 1970 гг. происходит увеличение доли четырех и пятилетних рыб и снижение присутствия. В целом, возрастное

распределение соответствует картине в облавливаемых водоемах Мурманской области и приграничных районах северной Норвегии и Финляндии.

Ряпушка является одним из наиболее распространенных видов в оз. Имандра. В середине прошлого века статус озера определялся как ряпушково-сиговое с встречающимся гольцом. 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 достаточно 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 о. Хорт выше по сравнению 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 [64]. 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

Кольской АЭС 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 [69]. 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 о. 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 уловов 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 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 ИИ характерны небольшие глубины с хорошо выраженной литоралью, здесь доминируют корюшка, окунь, ерш, и сиги 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 [68] 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 Кольской АЭС, 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 [70].

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 рыборазведению 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 Кольской АЭС 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 [71]. 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.

6.4.6 Санитарно-эпидемиологическая оценка качества питьевой воды

Централизованное водоснабжение населения г. Полярные Зори, населенных пунктов Зашеек и Африканда, а также Кольской АЭС осуществляется из поверхностного источника – озера Имандра, нецентрализованное водоснабжение - из подземных источников (родников и артезианских скважин). Кроме того, на территории, закрепленной за Кольской АЭС, имеется резервный источник питьевого водоснабжения из артезианских скважин (РИПВ УТП-2), обеспечивающий водоснабжение персонала АЭС качественной бутилированной водой.

Схема систем водоснабжения и водоотведения Кольской АЭС приведена в Приложении А.

Государственный надзор и контроль в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Муниципального образования г. Полярные Зори с подведомственной территорией осуществляет ФГБУЗ Центр гигиены и эпидемиологии №118 Федерального медико-биологического агентства России (ЦГиЭ №118 ФМБА России).

К основным объектам надзора ЦГиЭ при оценке качества питьевой воды относятся:

- вода поверхностных источников питьевого централизованного водоснабжения;
- вода подземных источников питьевого централизованного водоснабжения;
- вода водопроводов из подземных источников;
- вода водопроводов из поверхностных источников;
- вода из распределительной сети.

Отбор природных вод в створах водопользования озера Имандра проводится регулярно в соответствии с ГОСТ [57] в районе Кольской атомной станции, н.п. Африканда и г. Полярные Зори (Рисунок 6.4.6.1).



Рисунок 6.4.6.1 - Точки отбора проб для санитарно-микробиологического анализа.

Контролируемые параметры:

- ОКБ - общие колиформные бактерии;
- ТКБ - термотолерантные колиформные бактерии;
- Колифаги;
- Кишечная патогенная флора в т.ч. сальмонеллы;
- Цисты кишечных патогенных простейших;
- Жизнеспособные яйца и личинки гельминтов.

Исследование качества питьевой воды объектов Кольской АЭС проводится ежемесячно в соответствии с «Программой производственного контроля качества питьевой воды на объектах Кольской АЭС». Схема точек отбора проб питьевой воды на промплощадке Кольской АЭС показана на рисунке 6.4.6.2.

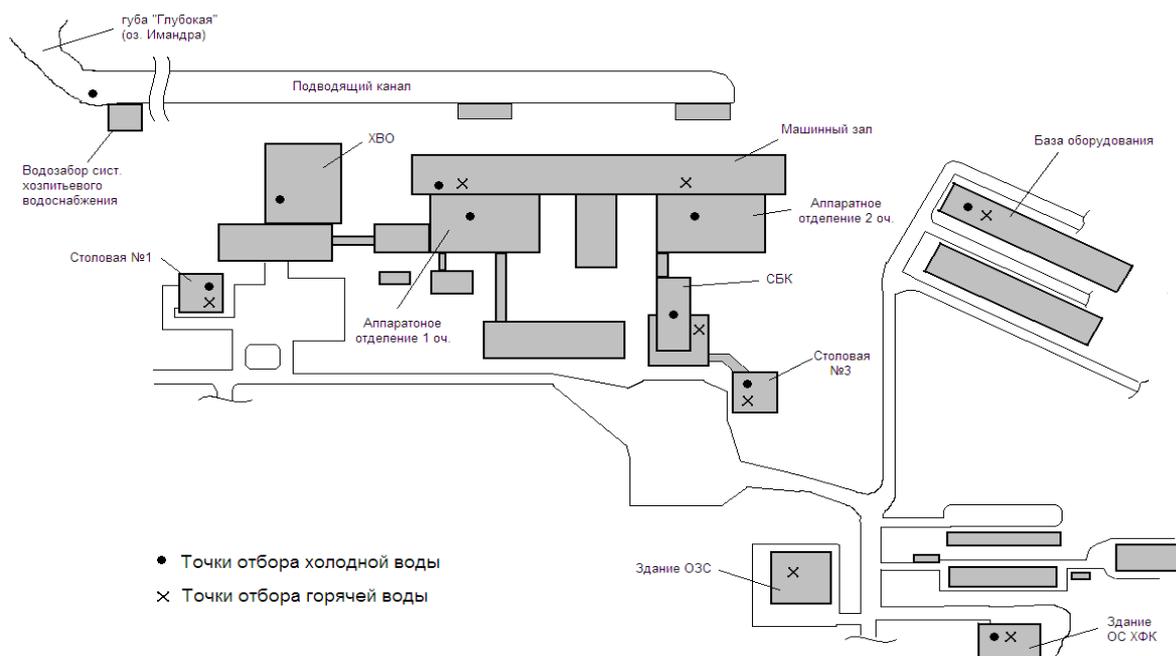


Рисунок 6.4.6.2. Схема точек отбора проб питьевой воды на промплощадке Колькой АЭС

Результаты исследований источников питьевого водоснабжения

Удельный вес проб, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям составил: в 2015 г. – 0%, в 2016 г. – 0,6%, в 2017 г. – 1,7%, в 2018 г. – 0%, в 2019 г. – 2,7%.

Удельный вес проб воды, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам по санитарно-химическим (в т.ч. органолептическим) показателям составил: в 2015 г. – 0%, в 2016 г. – 0%, в 2017 г. – 0,3%, в 2018 г. – 1,7%, в 2019 г. – 0%.

Удельный вес проб воды, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам по радиологическим показателям составил: в 2015 г. – 0%, в 2016 г. – 0%, в 2017 г. – 0%, в 2018 г. – 10,3%, в 2019 г. – 6,4%.

Результаты исследований проб воды распределительных сетей

Удельный вес проб воды из распределительной сети, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям составил: в 2015 г. – 2,4%, в 2016 г. – 3,8%, в 2017г. – 1,7%, в 2018 г. – 2,4%, в 2019 г. – 8%.

Удельный вес проб воды из распределительной сети, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам по санитарно-химическим (в т.ч. органолептическим) показателям составил: в 2015 г. – 8,1%, в 2016 г. – 13,7%, в 2017г. – 8,6%, в 2018 г. – 14%, в 2019 г. – 15%.

Удельный вес проб воды из распределительной сети, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам по радиологическим показателям составил: в 2015 г. – 0%, в 2016 г. – 0%, в 2017г. – 0%, в 2018 г. – 10%, в 2019 г. – 4,9%.

По результатам анализа данных, полученных в ходе государственного санитарного надзора, санитарно-гигиенического мониторинга качества питьевой воды на территории г.

Полярные Зори, н.п. Зашеек и н.п. Африканда установлено, что в течение 2015-2019 гг. качество питьевой воды в водопроводах (в водоразборных точках) в целом удовлетворяет требованиям гигиенических нормативов, но является не стабильным.

Общее количество проб из источников питьевого водоснабжения, не соответствующих установленным нормативам СанПиН 2.1.4.1074-01, за период с 2015-2019 гг. не превысило 2,7% по микробиологическим показателям, по санитарно-химическим показателям - 1,7% и по радиологическим показателям - 10,3%. Неудовлетворительное качество воды в источниках водоснабжения отмечается сезонно: в конце периода таяния снега весна-лето, а также в осенний период.

Доля проб воды неудовлетворительного качества по радиологическим показателям увеличилась за счет проб, отобранных из скважины базы отдыха «Пиренга», где содержание природного радионуклида Кл-222 превышает допустимые значения.

В целом, наблюдается снижение количества исследованных проб питьевой воды с 2015 г. в 1,3 раза. При этом доля проб воды неудовлетворительного качества увеличилась в 2,6 раза.

Наибольший вклад в процент несоответствующих нормам проб водопроводной воды у потребителей вносят санитарно-химические показатели (от 8 до 15% проб не соответствуют гигиеническим нормативам). В динамике за период 2015-2019 гг. количество несоответствующих проб питьевой воды по санитарно-химическим показателям составило 8,1% в 2015 г., 13,7% в 2016 г., 8,6% в 2017 г., 4,2% в 2018 г., 14% в 2019 г. Отмечается тенденция ухудшения качества воды у потребителей по содержанию железа общего, мутности, цветности, запаху.

По микробиологическим показателям в динамике за период 2015-2019 гг. на территории МО г. Полярные Зори не соответствуют установленным требованиям 1,7-8% исследованных проб. Патогенные бактерии кишечной группы в питьевой воде не обнаруживались. Отмечается тенденция к росту количества проб воды неудовлетворительного качества по контрольным микробиологическим показателям на территории н.п. Африканда, что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии водопроводных сетей (значительный износ), нестабильной работе систем обеззараживания воды, неэффективном производственном контроле.

По результатам исследований, выполненных в 2019 г., качество воды систем горячего водоснабжения в 3% проб на территории МО г. Полярные Зори не соответствует установленным нормативам по температурному режиму, по санитарно-химическим показателям (железо, цветность, мутность) в 15 % проб. По микробиологическим показателям несоответствие качества горячей воды у потребителей наблюдается в 0,4 % отобранных проб. Низкая температура воды систем горячего водоснабжения в сочетании с неудовлетворительным качеством по органолептическим и микробиологическим показателям способствует созданию условий для развития в системах горячего водоснабжения микрофлоры, способной вызвать заболевания человека, в том числе легионеллез.

ФГБУЗ ЦГиЭ №118 ФМБА России, осуществляется ежегодный санитарно-вирусологический контроль воды водных объектов в местах водозаборных сооружений. Результаты исследований соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам.

Качество воды водоемов в местах сброса сточных вод в черте населенного пункта на содержание цист простейших и яиц гельминтов, опасных для человека, по данным ФГБУЗ ЦГиЭ №118 ФМБА России за 2019 год [72], соответствует санитарно-гигиеническим нормативам.

Оценка качества питьевой воды по радиологическим показателям

Кольская АЭС, осуществляющая эксплуатацию системы водоснабжения, в соответствии с рабочей программой постоянно контролирует качество воды по радиологическим показателям в местах водозабора, перед поступлением в распределительную сеть, а также в точках водозабора наружной и внутренней водопроводной сети.

Результаты исследований радиологических показателей качества питьевой воды за период 2015-2019 гг. представлены в таблице 6.4.6.3.

Таблица 6.4.6.3 Среднее содержание радионуклидов в исследуемых водных объектах района размещения Кольской АЭС за период 2015-2019 гг.

Объекты	Радионуклид	Содержание, Бк/кг, min-max	Уровень вмешательства, Бк/кг
Поверхностные водные объекты: Устье сбросного канала, река Пиренга, пролив Широкая Салма, подводящий канал КАЭС, водозабор г. Полярные Зори (Нива-1) и п. Африканда	Cs-137	< 0,01	11
	Cs-134	< 0,01	7,2
	Co-60	< 0,01	40
	Sr-90	< 0,02	4,9
Питьевая вода: Водопровод КАЭС (з/п СБК-2, АЛК), скважина УТП-3, скважины №1,2 УТП-2, родник на трассе М18, водопровод г. Полярные Зори.	Суммарная α -активность	< 0,11	< 0,2
	Суммарная β -активность	< 0,3	< 1,0

В 2019 году качество воды систем питьевого водоснабжения МО г. Полярные Зори по радиологическим показателям, (таблица 6.4.6.4), соответствовало санитарным нормам и правилам. Пробы с превышением контрольных уровней (КУ) отсутствовали.

В 2018 году Кольской АЭС было получено санитарно-эпидемиологическое заключение №51.ФУ.01.000.М.000006.12.18, которым удостоверяется, что использование губы Глубокая Имандровского водохранилища для использования в целях централизованного питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» соответствует государственным санитарно-эпидемиологическим требованиям и нормативам. Поступления радионуклидов с грунтовыми водами за пределы территории АЭС не обнаружено.

Таким образом, по результатам анализа данных, полученных в ходе государственного санитарного надзора, санитарно-гигиенического мониторинга и производственного контроля систем питьевого водоснабжения установлено, что в период 2015-2019 гг. качество питьевой воды в целом по Кольской АЭС удовлетворяет требованиям гигиенических нормативов [73].

6.5. Социально-экономическая характеристика региона и района размещения Кольской АЭС.

6.5.1. Общая экономико-географическая характеристика

Кольская АЭС расположена на территории муниципального образования (МО) г. Полярные Зори с подведомственными территориями. Сопредельные с КАЭС территории относятся к муниципальным образованиям г. Апатиты и г. Кандалакша (рис. 6.5.1.1).

Полярные Зори – самый молодой город Мурманской области. Статус города областного подчинения был присвоен ему в 1991 году. До этого времени населенный пункт Полярные Зори имел статус рабочего поселка и вместе с прилегающей территорией подчинялся городскому совету города Апатиты.

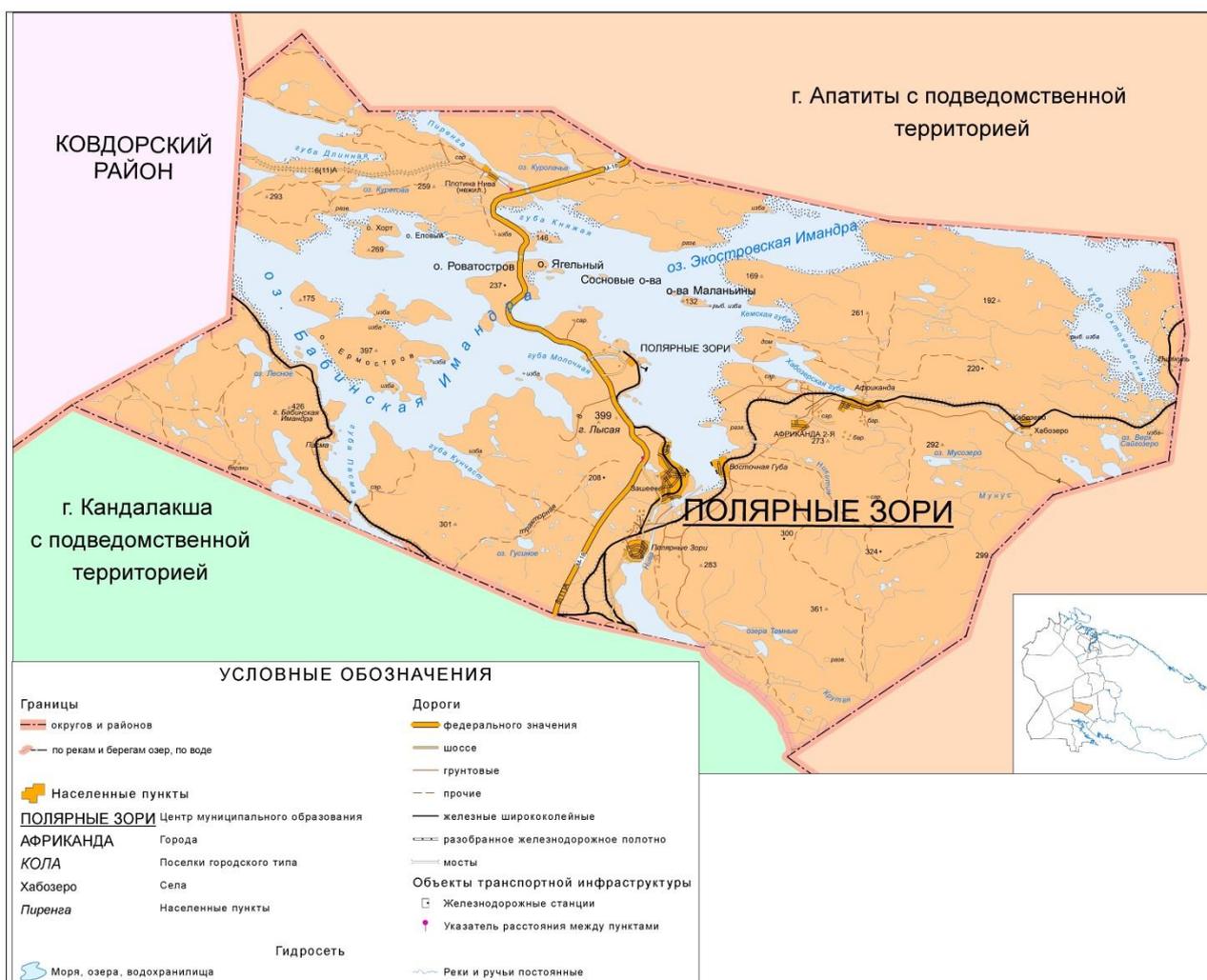


Рисунок 6.5.1.1. Карта муниципальных образований Мурманской области в районе расположения города Полярные Зори с подведомственной территорией (масштаб 1:200000)

На данный момент территория МО г. Полярные Зори и подведомственных ему населенных пунктов составляет 6,74 % территории области, в том числе города Полярные Зори – 3,6 км². На территории, подведомственной городу, расположены 2 поселка городского типа (Африканда и Зашеек). Общая площадь земельного фонда - 98687 га. Расстояние от г. Полярные Зори до областного центра г. Мурманска - 220 километров. Расстояния от г. Полярные Зори до ближайших городов представлены в таблице 6.5.1.1.

Таблица 6.5.1.1. – Расстояния от г. Полярные Зори до ближайших городов

Ближайшие города	Расстояние, км
Кандалакша	22
Апатиты	44
Кировск	59
Мончегорск	65
Ковдор	89
Оленегорск	91

В регионе имеются залежи полезных ископаемых: оливинита и пегматита. К юго-востоку от ж.-д. станции Африканда расположено одно из крупнейших месторождений перовскит-титаномагнетитовых руд.

6.5.2 Промышленность и транспорт

Основная отрасль промышленности – электроэнергетика. Производство и распределение электроэнергии, газа и воды осуществляют следующие предприятия: филиал АО “Концерн Росэнергоатом” “Кольская атомная станция”, филиал ООО “АтомТеплоЭлектроСеть в г. Полярные Зори”, МУП г. Полярные Зори “ТС-Африканда”, ООО “ТК Африканда”, ОАО “Электросети” и “Колатомэнергоремонт” - филиал АО “Атомэнергоремонт”. В структуре отгруженной промышленной продукции на долю филиала АО “Концерн Росэнергоатом” “Кольская атомная станция” приходится 89,5%.

ООО “Кольская электромонтажная компания “ГЭМ” выполняет все виды электромонтажных и КИПиА работ, обладает собственной мощной производственной базой в г. Полярные Зори.

Сеть объектов розничной торговли на территории составляет 166 зарегистрированные торговые точки и представлена торговыми центрами, торговыми комплексами, магазинами самообслуживания и магазинами с традиционными формами обслуживания. Сфера общественного питания характеризуется наличием сформировавшейся сети общественного питания, которая удовлетворяет спрос населения с различным уровнем дохода. В последнее время на предприятиях общественного питания внедряется современная форма услуги по отпуску блюд на вынос, доставке заказов на дом и в офис. Рынок предоставляемых услуг населению города обширен и включает в себя наиболее распространенные виды: парикмахерские, страховые туристические и гостиничные услуги, установка и производство окон, ремонт обуви, услуги связи и другие.

По территории муниципального образования проходит автомобильная трасса и железнодорожная магистраль Санкт-Петербург-Мурманск.

Междугородные и пригородные перевозки осуществляет филиал ОАО «Мурманскавтотранс» автоколонна № 1443.

6.5.3 Особо-охраняемые природные территории

В санитарно-защитной зоне Кольской АЭС особо-охраняемые природные территории (далее ООПТ) отсутствуют [74]. В 30-ти км зону района размещения Кольской АЭС (рисунок 6.5.3.1) частично входят следующие ООПТ:

1. Лапландский государственный природный биосферный заповедник.

Главным предназначением заповедника является сохранение северной тайги, горных тундр и популяции дикого оленя, а также разработка и осуществление мер по увеличению запаса животных. С 1985 года решением ЮНЕСКО включен во Всемирную сеть как биосферный резерват.

2. Государственный природный заказник регионального значения «Кайта».

Создание заказника направлено на сохранение таких редких, занесенных в Красные книги России и Мурманской области видов животного и растительного мира, как сапсан, орлан-белохвост, лебедь-кликун, редкий моллюск – европейская жемчужница, уникальные реликтовые ельники и др.

3. Государственный природный заказник регионального значения «Колвицкий».

Заказник организован в целях сохранения и воспроизводства лосей, оленей и других охотничье-промысловых животных. На территории ООПТ имеются эталонные экосистемы, редкие виды растений и животных, занесенные в Красные книги России и Мурманской области, крупный массив старовозрастных лесов.

4. Государственный памятник природы «Екостровское кинтище».

Около двухсот лет назад на этом участке существовал саамский погост, а также группа остроконечных холмов западнее кинтища, которые по преданию являются могилами шведских завоевателей. Имеет культурно-историческое и научное значение.

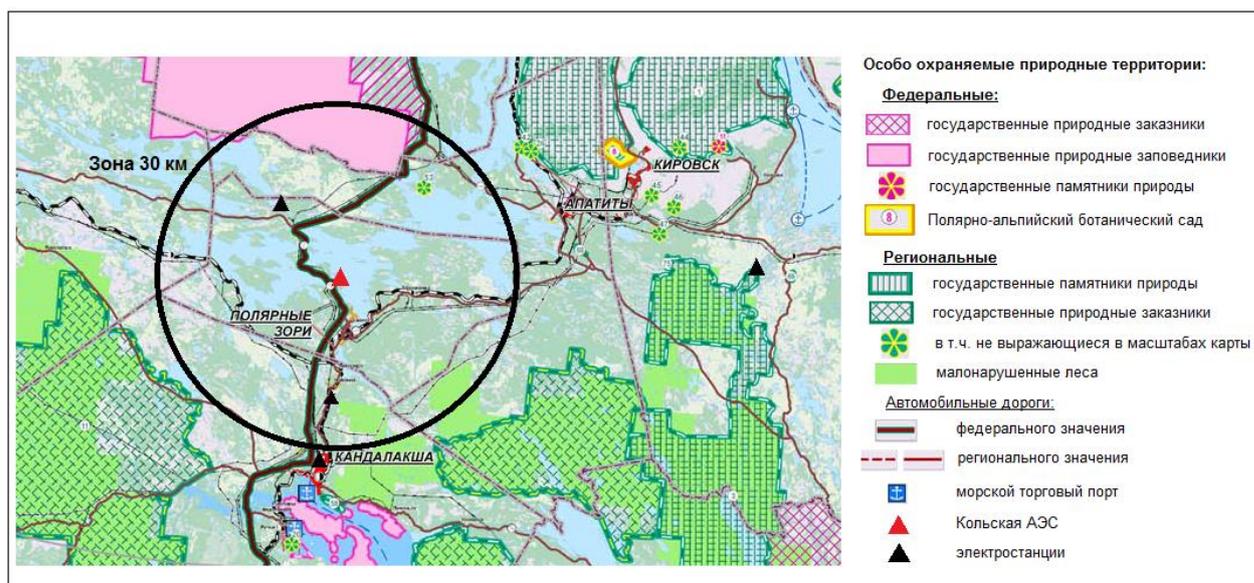


Рисунок 6.5.3.1 – Схема расположения ООПТ в 30-км зоне размещения Кольской АЭС и на подведомственных территориях близлежащих муниципальных образований.

Данные ООПТ изначально созданы для сохранения участков малонарушенных экосистем, имеют комплексный характер и могут служить центрами сохранения

биоразнообразия. Все охраняемые территории имеют особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное ценное значение.

6.5.4 Медико-демографическая характеристика региона

Численность постоянного населения на 01.01.2020 года в Муниципальном образовании г. Полярные Зори составила 16400 тыс. человек (2,2 % населения Мурманской области), в том числе города Полярные Зори - 14224 человек. Плотность населения – 22 человека на 1 км².

Анализ половозрастной структуры населения (по данным МРУ №118 ФМБА России) показывает, что на территории МО г. Полярные Зори за последние 5 лет возрастной тип населения не изменился и является стационарным, то есть доля лиц в возрасте старше 60 лет и доля детского населения до 16 лет примерно одинаковые. Сохраняются предпосылки к регрессии (старению) населения, так как по шкале демографического старения Ж. Боже-Гарнье - Э. Россега доля лиц 60 лет и старше составляет 21 %. Соотношение мужчин и женщин в репродуктивном возрасте практически одинаковое, 22 и 21 % соответственно, что оставляет предпосылки для увеличения рождаемости и прироста населения. После 50 лет преобладает женский тип структуры населения из-за меньшей продолжительности жизни мужчин.

Основные факторы – миграционная и естественная убыль. Основные показатели динамики численности населения показаны в таблице 6.5.4.2.

Таблица 6.5.4.2 Динамика процессов воспроизводства населения по муниципальному образованию г. Полярные Зори с подведомственной территорией в 2010-2019 гг.

Годы	Численность населения (на конец года), тыс. чел.	Число родившихся, чел.	Число умерших, чел.	Естественный прирост, убыль (-)
2010	17,6	232	193	39
2011	17,4	209	195	14
2012	17,4	229	171	58
2013	17,3	183	177	6
2014	17,3	169	180	-11
2015	17,1	217	141	76
2016	17,0	181	213	-32
2017	16,7	164	168	-4
2018	16,6	159	167	-8
2019	16,4	114	173	-59

В целом, демографическая ситуация в муниципальном образовании характеризуется устойчивой тенденцией снижения численности населения. Отрицательный естественный прирост населения за последние 4 года наглядно показывает убыль населения (таблица 6.5.4.2). В то время как число смертей на 1000 населения остается практически одинаковым из года в год, в 2019 году произошло значительное снижение рождаемости, что привело к существенному уменьшению естественного прироста. Во избежание прекращения роста населения необходимо продолжать активную демографическую политику, мероприятия по снижению смертности населения на территории МО г. Полярные Зори.

Основное учреждение здравоохранения - медсанчасть № 118. Для работников Кольской АЭС в красивом месте на берегу озера построен санаторий-профилакторий. Муниципальные предприятия здравоохранения ближайших населенных пунктов:

- МУЗ «Городская больница н.п. Африканда»;
- Зашейковская амбулатория.

В области здравоохранения основной задачей является улучшение здоровья и увеличение продолжительности жизни населения. Администрация муниципального образования решает эти задачи за счет привлечения средств из различных источников. Муниципальное образование принимает участие в реализации национального проекта «Современное здравоохранение». Обеспеченность населения амбулаторно-поликлинической помощью, врачами и средним медицинским работниками по данным на 2019 год можно считать достаточной.

6.5.5 Оценка здоровья населения

Согласно данным Межрегионального управления №118 Федерального медико-биологического агентства в 2019 году уровень заболеваемости взрослого населения МО г. Полярные Зори по сумме всех классов болезней не превышает среднероссийских значений.

Структура заболеваемости взрослого населения по г. Полярные Зори показана на рисунке 6.5.5.1.

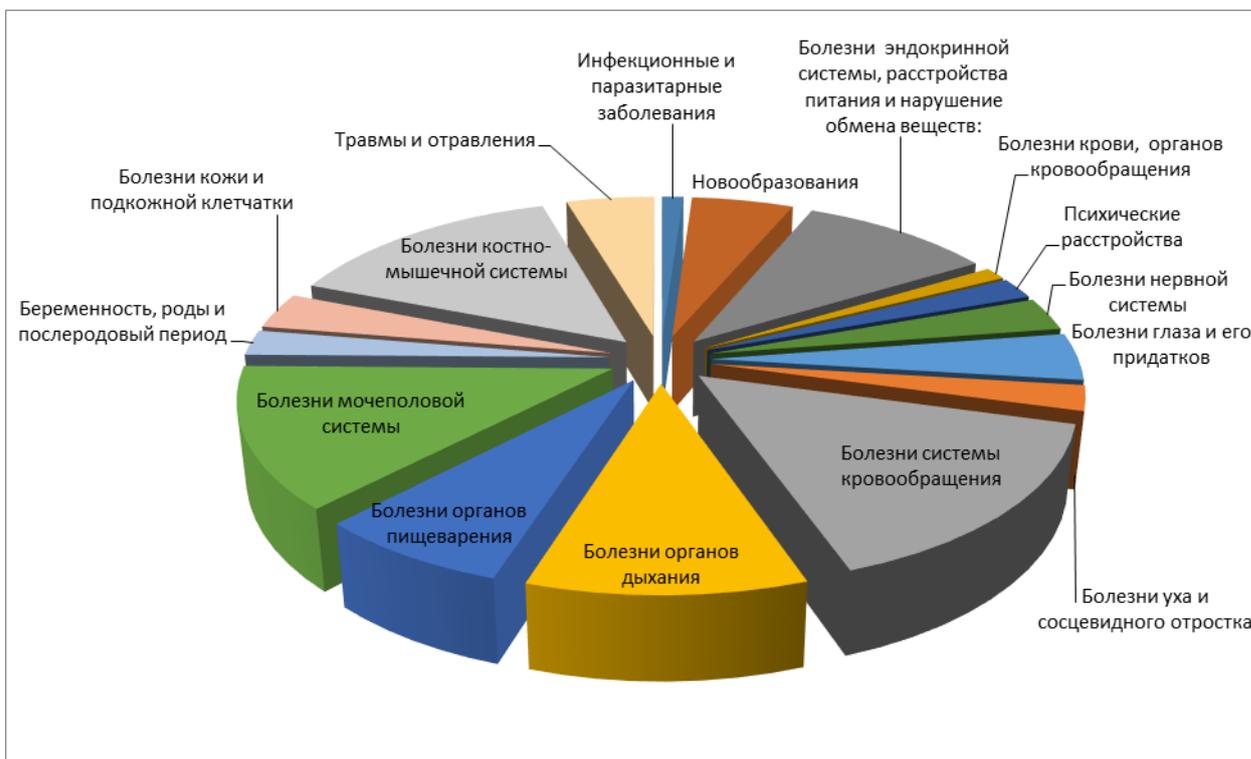


Рисунок 6.5.5.1. Структура заболеваемости взрослого населения г. Полярные Зори (2019 г.)

Количественные показатели заболеваемости, распространенности различных нозологических форм для детей и взрослых. Анализ заболеваемости за последние 5 лет неинфекционными болезнями у детского населения МО г. Полярные Зори показал, что в возрасте до 14 лет наиболее часто регистрируются болезни органов дыхания, болезни нервной системы, болезни глаза и его придаточного аппарата, болезни кожи и подкожной клетчатки, болезни уха, болезни органов пищеварения. Частые респираторные заболевания органов дыхания климатически обусловлены, однако этим заболеваниям способствуют низкая относительная влажность воздуха в жилых помещениях и помещениях образовательных организаций. С 2017 года стало больше детей, имеющих болезни глаза и его придаточного аппарата, причиной этому является чрезмерное увлечение детей играми на мобильных гаджетах, увеличение объема обучающего материала на видеointерактивном оборудовании. Болезни органов пищеварения у детей занимают 5 место. Гастрит и дуоденит, наиболее часто встречающееся заболевание пищеварительной системы, обусловлены неправильным питанием детей в домашних условиях, употребление в пищу сладких и соленых снежков, газированных напитков.

В подростковом возрасте 15-17 лет также, как и у детей до 14 лет на первом месте регистрируются болезни органов дыхания, на втором месте болезни глаз, на третьем месте заболевания костно-мышечной системы, на четвертом месте болезни органов пищеварения. У подростков, как и у детей младшего возраста имеют место травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин. Анализ заболеваемости показал, что в пятилетней динамике наблюдается увеличение числа больных детей по всем ведущим нозологическим формам болезней.

В структуре распространенности заболеваний взрослого населения МО г. Полярные Зори (приложение № 4), как и во всем мире, на протяжении многих лет на

первом месте находятся болезни органов кровообращения. На втором месте по частоте регистрации находятся болезни костно-мышечного аппарата, на третьем месте болезни мочеполовой системы, на четвертом месте болезни органов дыхания. Пятое место занимают эндокринные заболевания и нарушение обмена веществ, основную долю из которых составляют болезни щитовидной железы, сахарный диабет II типа и ожирение. Заболевания эндокринной системы у взрослых в большинстве случаев обусловлены неправильным питанием с детского возраста. В трудоспособном возрасте наблюдается увеличение числа больных новообразованиями, в основном доброкачественными, но наблюдается тенденция роста онкологических заболеваний, которые к пенсионному возрасту занимают третье место по распространенности. '

За период 2015-2019 гг. наблюдается рост инфекционной заболеваемости населения на обслуживаемой территории за счет вирусных респираторных и кишечных инфекций.

Приоритетные санитарно-эпидемиологические и социальные факторы

Одной из приоритетных задач для санитарно-эпидемиологического благополучия детского населения является снижение числа больных детей. Для этого необходимо предпринять мероприятия по приведению к санитарно-гигиеническим нормам освещенности и микроклимата (относительной влажности воздуха) в детских образовательных учреждениях. Сформировать у детей правильное проведение досуга, ограничить использование мобильных гаджетов, в обучающем процессе минимально использовать видеоинтерактивное оборудование. Для уменьшения болезней органов пищеварения у детей необходимо формировать правильный образ питания, продолжить работу по улучшению качества питания в школах, родителям ограничить потребление детьми сухих продуктов для перекуса и газированных напитков.

Уменьшение числа случаев временной нетрудоспособности при заболеваниях кровеносной, костно-мышечной, мочеполовой и других систем организма взрослого человека, сдерживание роста больных онкологическими заболеваниями является ключевой задачей для сохранения здорового и активного населения на территории расположения Кольской атомной станции. Немаловажную роль в решении этой задачи играет необходимость улучшения качества питьевой воды в распределительных сетях г. Полярные Зори и н.п. Африканда, организация эффективной вентиляции в производственных и административных помещениях, равномерные физические нагрузки и правильное питание взрослого населения. На промышленных объектах приоритетом является организация благоприятных условий труда, в том числе надлежащий медицинский осмотр и обеспеченность средствами индивидуальной защиты при работе с вредными и опасными производственными факторами, профилактика табакокурения и минимизация воздействия канцерогеноопасных веществ.

Иммунопрофилактика вакциноуправляемых инфекционных болезней, в том числе гриппа, формирование у населения позитивного отношения к вакцинации неизменно остается важным мероприятием для сохранения здоровья.

6.6. Хозяйственное использование территории в районе размещения Кольской АЭС

6.6.1 Общие сведения

МО г. Полярные Зори, как административно-территориальная единица области, ежегодно направляет отчет в Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Мурманской области о состоянии и использовании земель на подведомственной территории.

Материалы, представленные в данном разделе, подготовлены на основе Кадастровой оценки земель в целом по Мурманской области и МО г. Полярные Зори. Представленные данные соответствуют состоянию земельного фонда района по состоянию на 01.01.2020 г.

Общая характеристика

Земельный фонд района составляет 98687 га. Местное самоуправление территорией осуществляется в пределах административной границы. Муниципальное образование г. Полярные Зори с подведомственной территорией включает в себя административную единицу – территорию, подведомственную муниципальному образованию, а также муниципальное образование – г. Полярные Зори.

К населенным пунктам района относятся г. Полярные Зори, н.п. Зашеек и н.п. Африканда.

В процентном выражении от общей площади земельного фонда района земли по категориям составляют (рис. 6.6.1.1):

92,08% - земли лесного фонда;

4,01% - земли промышленности, транспорта и т.д.;

1,7% - земли сельскохозяйственного назначения;

1,002% - земли населенных пунктов;

1,2% - земли запаса;

0,03% - земли особо-охраняемых природных территорий.

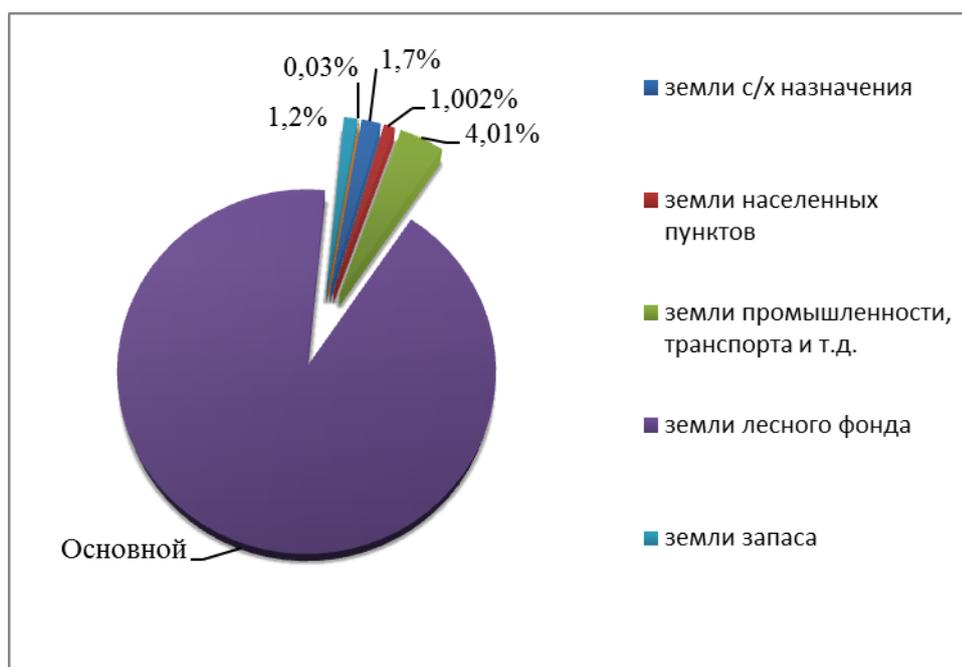


Рисунок 6.6.1.1 Процентное соотношение земель по категориям к общей площади земельного фонда района

За пределами района предоставлены земли на общей площади 868 га. В том числе, государственное унитарное предприятие совхоз «Полярные Зори» использует на территории Кандалакшского района 818 га. На территории Апатитского района 50 га, в том числе пашни 8 га.

По сравнению с общеобластным распределением земфонда по категориям земель, в МО г. Полярные Зори значительно большую площадь составляют земли лесного фонда, меньшую - земли сельскохозяйственного назначения.

В Полярнозоринском районе нет особо охраняемых природных территорий, таких как заповедники, заказники, памятники природы.

6.6.2 Распределение земельного фонда по категориям земель

Земли сельскохозяйственного назначения

В настоящее время в МО г. Полярные Зори с подведомственными территориями расположены два государственных сельскохозяйственных предприятия и несколько индивидуальных хозяйств. Значительные площади земель занимают садоводства и приусадебные участки.

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения на территории составляет 1674 га, в том числе:

- государственное предприятие совхоз «Нивский» - 762,7 га
- государственное предприятие совхоз «Полярные Зори» - 32,8 га
- ООО «Тепличный комбинат г. Полярные Зори» - 18,43 га
- три крестьянско-фермерских хозяйства - 2,9 га
- три личных подсобных хозяйства; - 0,27 га
- садоводческие объединения - 61,08 га
- индивидуальное садоводство в количестве - 32,43 га
- 354 огородников и огороднических объединений - 6,95 га
- ООО «Агрофирма «Полярные Зори» - 9,9 га
- ООО «Кольский продукт» - 42,31 га
- Фонд перераспределения - 174 га
- Аренда гр. Потомако А.Х (бывшие совхозые поля) - 530,2 га

Кроме того, на территории района используются земли сельскохозяйственного назначения землепользователем другого района, государственным предприятием совхозом «Нивский» отделения Октябрьской железной дороги Кандалакшского района – 762 га, из них пашни – 418 га.

Земли сельскохозяйственного назначения в районе составляют всего 1,7 % от общей площади, что значительно меньше, чем в целом по области. С учетом площадей, используемых под оленьи пастбища, земли сельхозназначения в Мурманской области занимают 19,7 % земфонда. Под пашней в районе занято лишь 783 га или только 3,8 % всей распаханной площади в области.

Таким образом, Полярнозоринский район, безусловно, нельзя отнести к районам с интенсивным земледелием, что связано как с относительно неблагоприятными природными условиями района, так и с промышленной ориентацией его экономики.

Земли промышленности, энергетики, транспорта и иные

За период 2019 года в категории земель «земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения» увеличение общей площади не произошло. За 2019 год переведено из земель промышленности в земли сельскохозяйственного назначения 7 земельных участков общей площадью 0,3145 га.

В собственность Российской Федерации (+2 га), так как в 2019 году была зарегистрирована собственность РФ 9 участков общей площадью 1,7175 га (2 га)

На конец отчетного периода данная категория земель включает в себя 3973 га, из них: в собственности Российской Федерации – 517 га, в собственности субъекта РФ – 72 га, в собственности юридических лиц – 55 га, в собственности граждан – 3 га. Наиболее крупное энергетическое предприятие – Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция» занимает 260,3 га (по данным на 2015г.). Земли промышленности занимают 1218 га. Распределение земель Кольской АЭС по категориям представлено в таблице 6.6.2.1.

Таблица 6.6.2.1 - Сведения о землепользовании филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская АЭС»

№ п/п	Тип земель	Вид использования земель	Площадь, га
1.	Район размещения Кольской АЭС (земли промышленности)	Для обслуживания и эксплуатации промплощадки Кольской АЭС	123,9887
2.	Земли промышленности	Для обслуживания и эксплуатации линейных объектов	19,1907
		Для обслуживания и эксплуатации объектов производственного назначения	13,2906
		Для обслуживания и эксплуатации объектов незавершенного строительства	16,6471
		Для обслуживания и эксплуатации спортивных объектов	12,5864
		Для обслуживания и эксплуатации объектов тепло-водоснабжения г. Полярные Зори и н.п. Зашеек	4,4259
3.	Земли лесного фонда 1 группы (Зашейковское лесничество)	Для обслуживания и эксплуатации линейных объектов	28,3400
		Для использования в рекреационных целях	3,5600
4.	Земли населённых пунктов	Для обслуживания и эксплуатации объектов социального и культурно-бытового назначения	0,4098

	Для обслуживания и эксплуатации спортивных объектов	0,9140
	Для обслуживания и эксплуатации лечебно-оздоровительных объектов	0,6300
	Для обслуживания и эксплуатации объектов незавершенного строительства	7,7850
	Для обслуживания и эксплуатации линейных объектов	9,0131
	Для обслуживания и эксплуатации объектов производственного назначения	10,3218
	Для обслуживания и эксплуатации объектов тепло-водоснабжения г. Полярные Зори и н.п. Зашеек	8,2689

Земли транспорта занимают 587 га, из них железнодорожного (ОАО «Российские железные дороги») - 366 га, автомобильного (Управление автомобильных дорог «Кола») – 221 га.

Из организаций, обеспечивающих энергоснабжение, землепользователем является ЦЭС «Колэнерго» с территорией – 16,57 га. Технический узел системных магистралей, обеспечивающих связь, занимает 0,22 га.

Довольно большая территория входит в категорию земель обороны и безопасности. Общая площадь земель обороны составляет 2153 га, из них Кандалакшская КЭЧ занимает 75,54 га, Мончегорская КЭЧ - 2077,85 га.

Земли лесного фонда

Общая площадь земель лесного фонда на территории МО г. Полярные Зори с подведомственными территориями на 01.01.2020 года составляет 90868 га. Лесфонд был закреплен за Кандалакшским и Зашейковским лесхозами, которые в начале 2008 года в соответствии с новым Лесным Кодексом были ликвидированы и переименованы в лесничества с теми же названиями.

Большая часть территории региона (84645 га или 93,2% земель лесфонда) относится к Зашейковскому лесничеству. Остальная площадь в южной части (6223 га) относится к Кандалакшскому лесничеству. Распределение лесов по целевому назначению, а также категории лесов в зоне наблюдения Кольской АЭС представлены на рисунке 6.6.2.1.

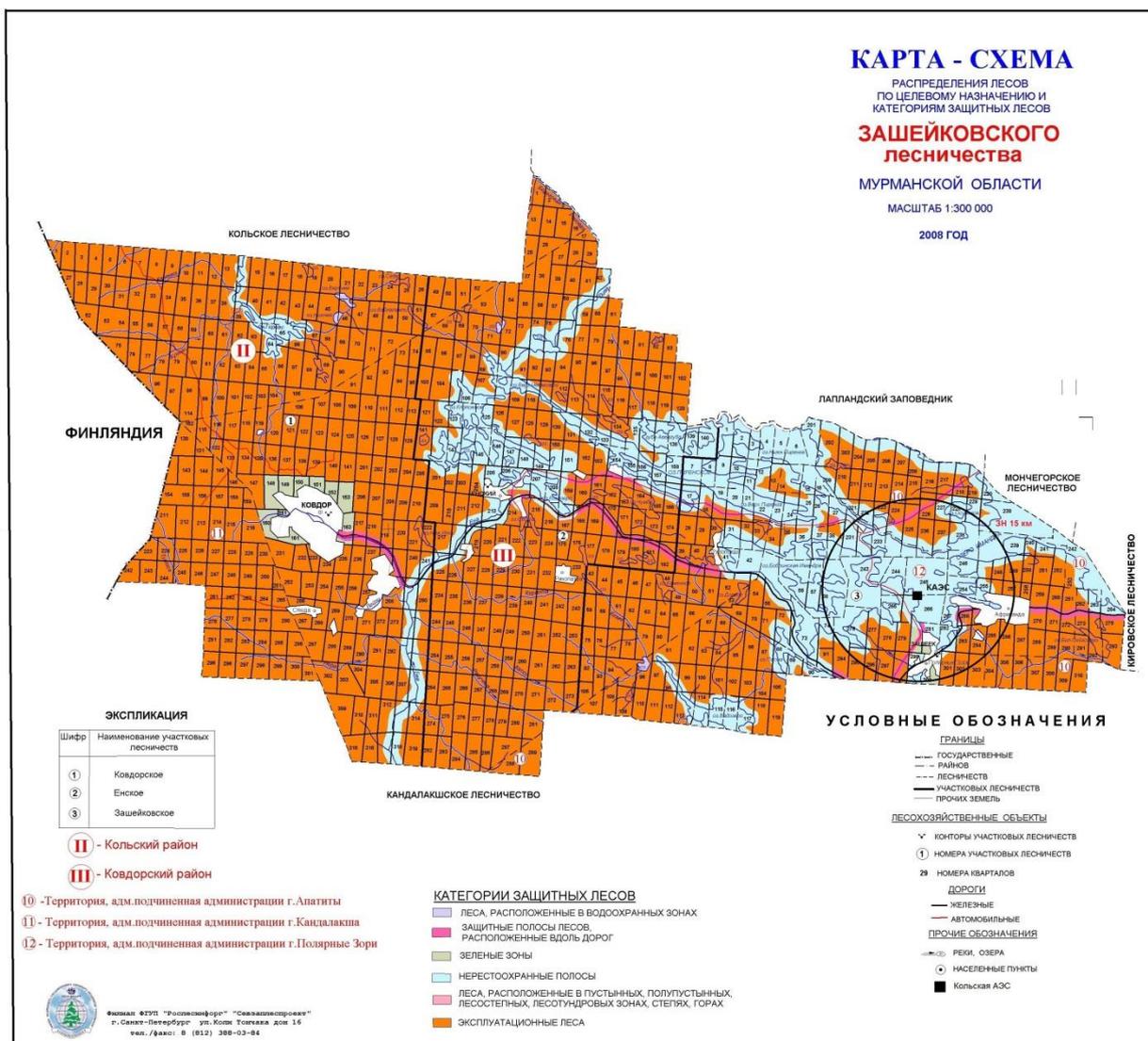


Рисунок 6.6.2.1. Распределение лесов по целевому назначению и категориям защитных лесов в зоне наблюдения Кольской АЭС на территории Зашейковского лесничества.

В регионе выделено две группы лесов по их защитному назначению. К первой отнесены запретные нерестовые полосы вдоль рек и водоемов, защитные полосы вдоль шоссейных и железных дорог, а также зеленая зона вокруг города Полярные Зори. В целом они занимают 62,5 % общей площади земель лесфонда. Леса третьей группы, которые относятся к эксплуатационным лесам, занимают 34 га или 37,5 % лесфонда.

Такое распределение лесного фонда свидетельствует о большой защитной роли лесов в районе Кольской АЭС. Показатель лесистости в районе составляет более 50 %, что значительно выше, чем в целом по Мурманской области (33 %).

После прекращения сплошных рубок, производимых Зашейковским лесокомбинатом, в лесфонде произошли значительные изменения в распределении площадей. Отмечается интенсивное лесовосстановление прежних вырубок и гарей, в результате которого непокрытые лесной растительностью земли в настоящее время составляют 1 %.

Изменился породный состав лесов. Увеличение доли хвойных пород произошло на 8% по площади и на 39% по запасу. Доля хвойных по отношению к доле мягколиственных пород в возрасте до 20 лет сейчас составляет 96 %. Доля хвойных пород в спелых древостоях возросла до 88 %.

Изменения свидетельствуют об интенсивном процессе формирования на месте бывших вырубок, гарей и пустошей, наиболее продуктивных и хозяйственно ценных древостоев ценных пород.

Земли запаса

На 01.01.2020 года площадь земель запаса уменьшилась на 6 га за счет перевода 11 земельных участков площадью 6,3639 га (6 га) в земли сельскохозяйственного назначения и составляет 1170 га.

Земли населенных пунктов

На территории района расположено 3 населенных пункта: г. Полярные Зори, н.п. Зашеек, н.п. Африканда.

Общая площадь земель населенных пунктов на 01.01.2020 (989 га) включает в себя:

364 га – г. Полярные Зори,

509 га – н.п. Зашеек,

116 га – н.п. Африканда,

Распределение земель по их хозяйственному использованию представлено в таблице 6.6.2.2.

Таблица 6.6.2.2 - Использование земель в населенных пунктах, га

Наименование использования	н.п. Зашеек	н.п. Африканда	Г. Полярные Зори
Жилищный фонд, всего: из них	14	7	58
- индивидуальная застройка	9	0	17
Общественно-деловая застройка	6	10	99
Под промышленными объектами	79	16	78
Земли общего пользования	179	21	59
Под транспортными объектами	16	18	40
Земли с/х использования	81	4	2
Земли, не вовлеченные в градостроительную деятельность	134	40	28

Земли особо охраняемых природных территорий

На 01.01.2020 года площадь земель особо охраняемых природных территорий Полярнозоринского района составляет 13 га.

6.6.3. Полигон хранения и захоронения отходов

Кольская АЭС имеет собственный полигон промышленных (нерадиоактивных) отходов, включенный Приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 25.09.2014 №592 в государственный реестр объектов размещения отходов. Полигон расположен в санитарно-защитной зоне КАЭС в районе ХССО в 1250 м от автотрассы Р-21 Санкт-Петербург-Мурманск и в 375 м от вдхр. Имандра и является специальным сооружением, предназначенным для изоляции и обезвреживания отходов, гарантирующим санитарную надежность в охране окружающей среды и эпидемиологическую безопасность для населения. Земельный участок под размещение полигона площадью 2,5 га предоставлен АЭС в соответствии с распоряжением Совета Министров РСФСР № 610-р от 15.05.87г.

Полигон захоронения твердых промышленных отходов оборудован в соответствии с действующими требованиями санитарных норм и правил. Полигон имеет ограду высотой 2,4 м (для предотвращения несанкционированного доступа посторонних), обваловку грунтовым валом, обводную канаву, подъездную дорогу и 3 контрольные скважины (Рисунок 6.6.3.1), предназначенные для контроля качества грунтовых вод в районе полигона. В состав полигона входят две карты для хранения твердых промышленных отходов общей площадью около 2,5 га. На полигоне предусмотрена послойная отсыпка отходов с разравниванием и уплотнением каждого слоя. Годовой объем захоронения отходов составляет примерно 2000 м³.

Транспортирование отходов, образующихся на территории Кольской АЭС, осуществляет специализированная организация в соответствии с требованиями нормативных документов действующих на территории РФ.

На полигон вывозятся отходы 4 – 5 классов опасности, включенные в лицензию на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I - IV классов опасности № 077149 от 17.09.2018.

Отходы производства и потребления, не включенные в лицензию на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I - IV классов опасности № 077149 от 17.09.2018 передаются специализированным организациям для утилизации, обезвреживания и размещения.

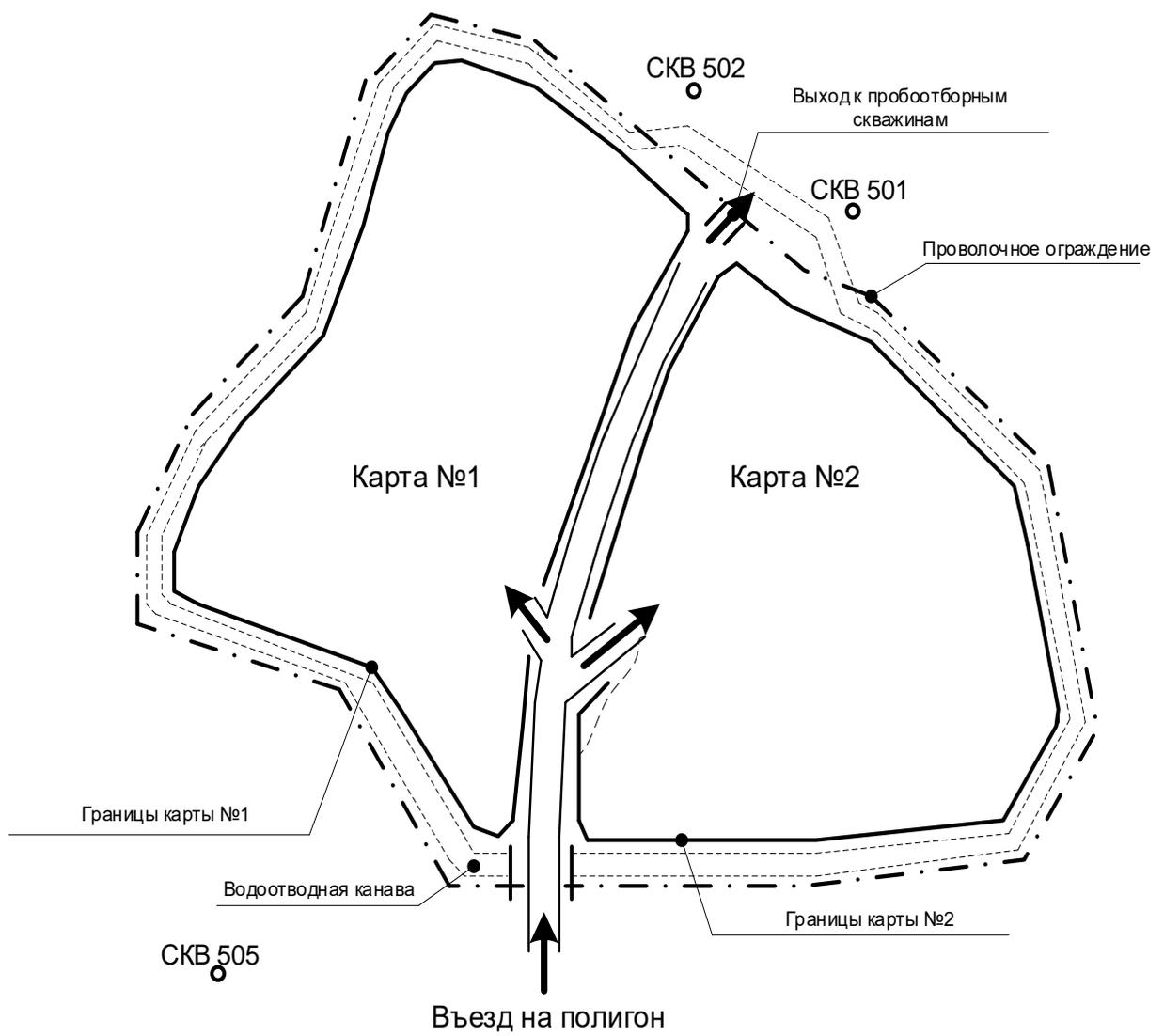


Рисунок 6.6.3.1. Схема полигона промышленных отходов Кольской АЭС

6.7. Радиационная обстановка в районе расположения Кольской АЭС

6.7.1 Организация радиационного контроля окружающей среды

Радиационный контроль окружающей среды в районе расположения Кольской АЭС проводится в рамках государственного экологического мониторинга на основании «Норм радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», «Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)», «Санитарных правил проектирования и эксплуатации атомных станций СП АС-03» и в соответствии с МУ 1.1.4.01.1531-2018 «Организация радиационного контроля в районе расположения атомных станций. Методические указания».

Объем и периодичность радиационного контроля определены «Регламентом радиационного контроля Кольской АЭС» № 0-06-28ИП, согласованным с МРУ № 118 ФМБА России. Регламент соответствует стандарту безопасности МАГАТЭ № RS-G-1.8 (Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты).

Радиационный контроль на территории Кольской АЭС, в пределах санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения осуществляет отдел радиационной безопасности.

Основными объектами радиационного контроля являются:

- газоаэрозольные выбросы радионуклидов с АЭС;
- жидкие сбросы радионуклидов с АЭС;
- территория СЗЗ и ЗН;
- атмосферный воздух;
- атмосферные выпадения;
- снежный покров;
- вода поверхностных водоемов;
- почва;
- донные отложения;
- растительность;
- пищевые продукты.

Схема постов радиационного контроля и точек отбора проб в районе расположения Кольской АЭС представлена на рисунке 6.7.1.1.

Контроль проводится с использованием специализированных средств измерений в соответствии с аттестованными и внесёнными в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФИФОЕД) методиками измерений (контроля).

Оценка влияния деятельности Кольской АЭС на радиационную обстановку в регионе производится путем сравнения текущих результатов контроля с естественным радиационным фоном («нулевым фоном») и результатами контроля в контрольном пункте за пределами зоны наблюдения АЭС (г. Кандалакша).

«Нулевой фон» был изучен институтом биофизики МЗ СССР в 1972 году и представлен в отчете «Радиационная обстановка в районе размещения Кольской АЭС до начала ее работы». Отмечалось, что в изучаемом районе уровень радиоактивных выпадений, концентрация радиоактивных веществ в атмосферном воздухе, почве несколько меньше, чем в средней полосе России, что характерно для всего Севера в целом.

6.7.2 Газоаэрозольные выбросы радионуклидов в атмосферный воздух

Основными путями поступления радиоактивных веществ в газовоздушные выбросы Кольской АЭС являются:

- технологические сдвиги с работающего оборудования систем РО и СК;
- вентиляция зон контролируемого доступа зданий РО и СК, в воздухе которых может присутствовать незначительное количество радиоактивных аэрозолей или газов, вышедших из протечек оборудования, содержащего активные среды.

Важным источником формирования и выхода газообразных радиоактивных веществ являются сдвиги с оборудования – бакового хозяйства реакторного отделения и спецкорпуса, из емкостей гидровыгрузки фильтров и поступление газов (ИРГ) из деаэратора системы продувки-подпитки первого контура. Деаэратор является основным по значимости источником формирования газовых выбросов станции. Газовые сдвиги деаэратора проходят очистку в системе спецгазоочистки СГО. В тракт СГО также направляются сдвиги из баков слива первого контура. Перед выбросом в атмосферу отводимые из контуров и технологического оборудования газы (радионуклиды йода и инертных радиоактивных газов) и аэрозоли подвергаются очистке с целью снижения активности до допустимых значений.

Менее значимыми путями поступления газообразных РВ в атмосферу на Кольской АЭС являются выходы радиогазоаэрозолей из бассейна выдержки, из РУ при снятой крышке при перегрузке топлива, из вытяжных шкафов радио- и химлабораторий, с местными «отсосами» от оборудования при реализации некоторых технологических процессов (ремонтах, переработке), с отходящими дымовыми газами установки сжигания. В расчетной схеме и схеме образования газовых выбросов присутствуют только основные пути поступления. Газообразные выбросы станции, содержащие примеси радиоактивных аэрозолей и газов, являются основным фактором дозового воздействия АЭС на население.

При условии реализации на стадиях проектирования, монтажа и эксплуатации оборудования в полном объеме программы качества, вероятность разуплотнения оборудования невелика, и возможные неконтролируемые протечки жидких радиоактивных сред не превышают заложенных в проект значений. Оборудование, содержащее активные среды, которые могут при протечках выходить в помещения, размещается в необслуживаемых помещениях. Величина проектных протечек и, как следствие, величины выхода активности этим путем невелики и не приводят к существенному загрязнению воздушного пространства ЗКД, тем более, имеется возможность очистки воздуха на фильтровентиляционном оборудовании. Попадание в воздух помещений РВ при ремонтных и некоторых технологических операциях (резка, зачистка) учитывается проектом. Данные РВ удаляются ремонтной и местной вентиляцией, оснащенной фильтрами, загрязняющие воздух операции проводятся в специальных боксах и т.п.

Действующие системы очистки газоаэрозольных выбросов АС обеспечивают эффективность очистки не менее 99,95%. Технологический процесс на АЭС предусматривает постоянное удаление из теплоносителя присутствующих и образующихся в нём газов. Для выброса воздуха в атмосферу предусмотрены две вентиляционные трубы.

В соответствии с санитарными правилами проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03) для Кольской АЭС разработаны Нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) радиоактивных веществ в атмосферный воздух, в которых установлены

значения годовых допустимых выбросов (ДВ) для всех РВ, вносящих вклад не менее 99% в годовую эффективную дозу облучения лиц из критической группы населения. Соблюдение значений ДВ гарантирует, что доза облучения населения за счет газоаэрозольных выбросов при нормальной эксплуатации атомной станции не превысит минимально значимой дозы 10 мкЗв в год, что соответствует уровню безусловно приемлемого риска для населения (10^{-6} год⁻¹).

В 2019 году на Кольской АЭС выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух осуществлялся на основании Нормативов предельно допустимых выбросов, утвержденных Донским МТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора (Приказ Руководителя Донского МТУ от 26.11.2018 №137) и Разрешения №32 от 26.11.2018 (со сроком действия по 26.11.2023) на выброс радиоактивных веществ в атмосферный воздух.

В соответствии с Нормативами ПДВ и Разрешением в газоаэрозольных выбросах нормируются следующие РВ:

- ³H и ¹⁴C (газы);
- ⁴¹Ar, ^{85m}Kr, ⁸⁷Kr, ⁸⁸Kr, ¹³⁵Xe (из состава инертных радиоактивных газов);
- ⁶⁰Co, ^{110m}Ag, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs (аэрозоли).

В соответствии с СТО 1.1.1.04.001.0143-2015 «Положение о годовых отчетах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций» учет выбросов осуществляется следующим образом: если существующими приборами и методами некоторые РВ, нормируемые в выбросах, не определяются, то фактическому значению выброса присваивается значение 1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объем выброса.

С целью оперативного контроля и недопущения превышения годовых значений ДВ на Кольской АЭС установлены контрольные уровни газоаэрозольных выбросов РВ за сутки и месяц.

Газоаэрозольные выбросы РВ на Кольской АЭС в атмосферный воздух за 2019 год представлены в таблице 6.7.2.1.

Суточные выбросы РВ на Кольской АЭС в течение 2019 года представлены на рисунке 6.7.2.1.

Удельный вес выбросов РВ в объеме допустимых значений ДВ за 2019 год представлены на рисунке 6.7.2.2.

Таблица 6.7.2.1. Газоаэрозольные выбросы радиоактивных веществ на Кольской АЭС в атмосферный воздух за 2019 год

Период		Нормируемые радиоактивные вещества											
		³ H, ТБк	¹⁴ C, МБк	⁴¹ Ar, ТБк	^{85m} Kr, ТБк	⁸⁷ Kr, ТБк	⁸⁸ Kr, ТБк	¹³⁵ Xe, ТБк	¹³¹ I, МБк	⁶⁰ Co, МБк	^{110m} Ag, МБк	¹³⁴ Cs, МБк	¹³⁷ Cs, МБк
Выбросы за месяц	1	0,210	14,250	0,475	0,164	0,631	0,540	0,173	11,514	0,180	0,650	0,140	1,260
	2	0,186	12,575	0,330	0,056	0,240	0,198	0,055	34,622	1,030	3,890	0,110	1,590
	3	0,239	13,100	0,356	0,058	0,169	0,188	0,057	3,554	1,350	5,030	0,180	3,750
	4	0,322	12,225	0,148	0,071	0,214	0,238	0,065	3,197	1,710	10,690	0,230	6,760
	5	0,209	11,580	0,106	0,073	0,208	0,239	0,068	4,732	0,510	2,590	0,140	1,720
	6	0,276	10,880	0,160	0,070	0,204	0,231	0,063	4,099	2,800	7,080	0,150	2,810
	7	0,109	10,050	0,225	0,118	0,343	0,378	0,112	11,242	2,360	8,980	0,160	4,800
	8	0,097	10,430	0,186	0,041	0,230	0,140	0,054	38,905	0,980	5,400	0,080	5,350
	9	0,108	12,025	0,344	0,030	0,206	0,118	0,037	1,980	0,710	2,630	0,140	5,230
	10	0,243	14,325	0,431	0,049	0,202	0,150	0,042	1,011	3,480	6,750	0,160	4,540
	11	0,079	14,875	0,417	0,068	0,239	0,209	0,064	1,320	4,350	4,100	0,220	3,810
	12	0,247	14,875	0,334	0,062	0,236	0,206	0,055	0,913	0,450	1,640	0,160	1,890
Суммарный выброс за год		2,325	151,190	3,511	0,858	3,122	2,836	0,845	117,089	19,910	59,430	1,870	43,510
% от ДВ за год		0,36	0,0013	0,51	0,12	0,45	0,41	0,12	0,65	0,27	0,02	0,21	2,18
% от КУ при мах выбросе за месяц		6,04	0,0016	0,83	0,28	1,10	0,94	0,30	2,59	0,88	0,05	1,26	7,12
% от КУ при мах выбросе за сутки (дата)		0,64 (05.04.2019)	0,0017 (07.11.2019)	2,77 (25.01.2019)	1,77 (25.01.2019)	5,83 (25.01.2019)	5,80 (25.01.2019)	1,70 (25.01.2019)	8,25 (14.02.2019)	7,66 (14.06.2019)	0,41 (20.03.2019)	3,16 (14.06.2019)	21,55 (03.10.2019)

Фактов превышения допустимых выбросов в 2019 году не зафиксировано.

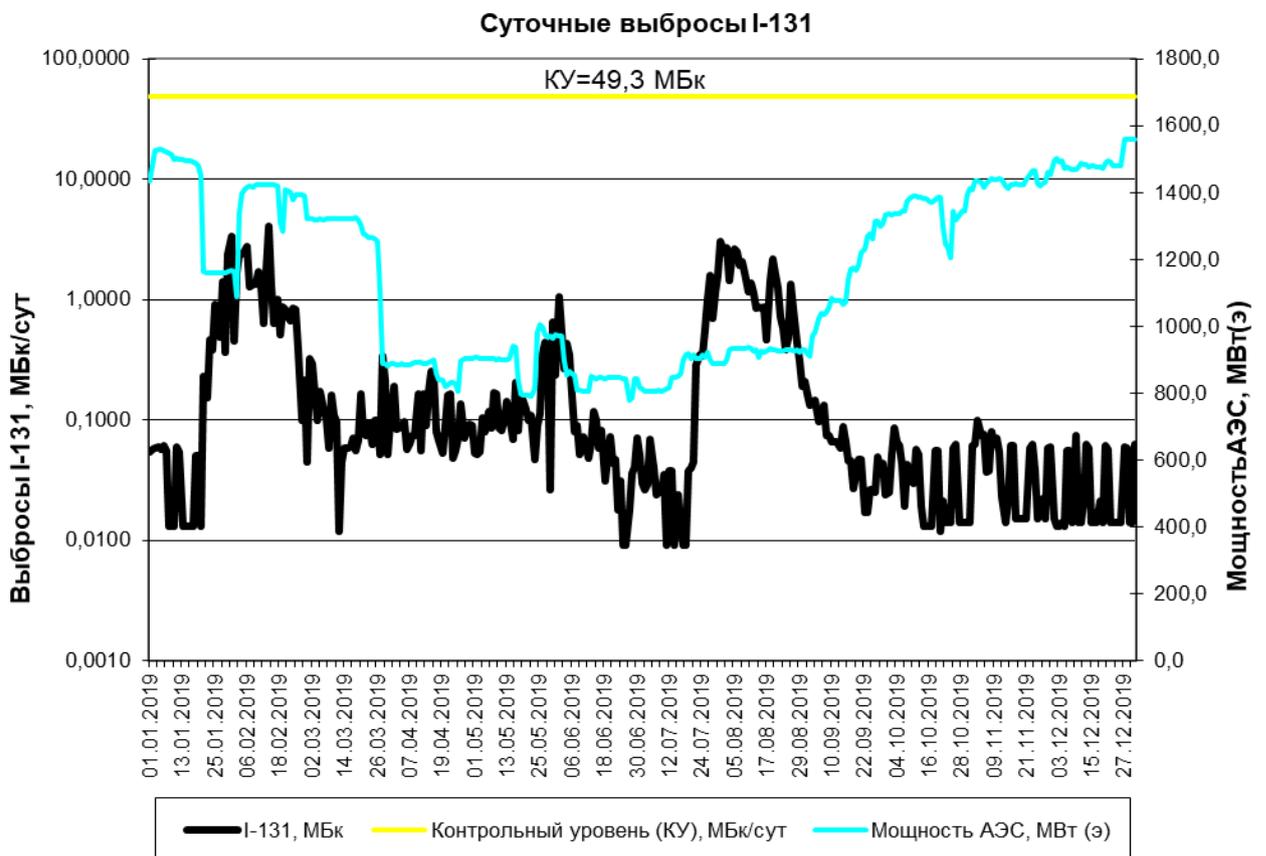
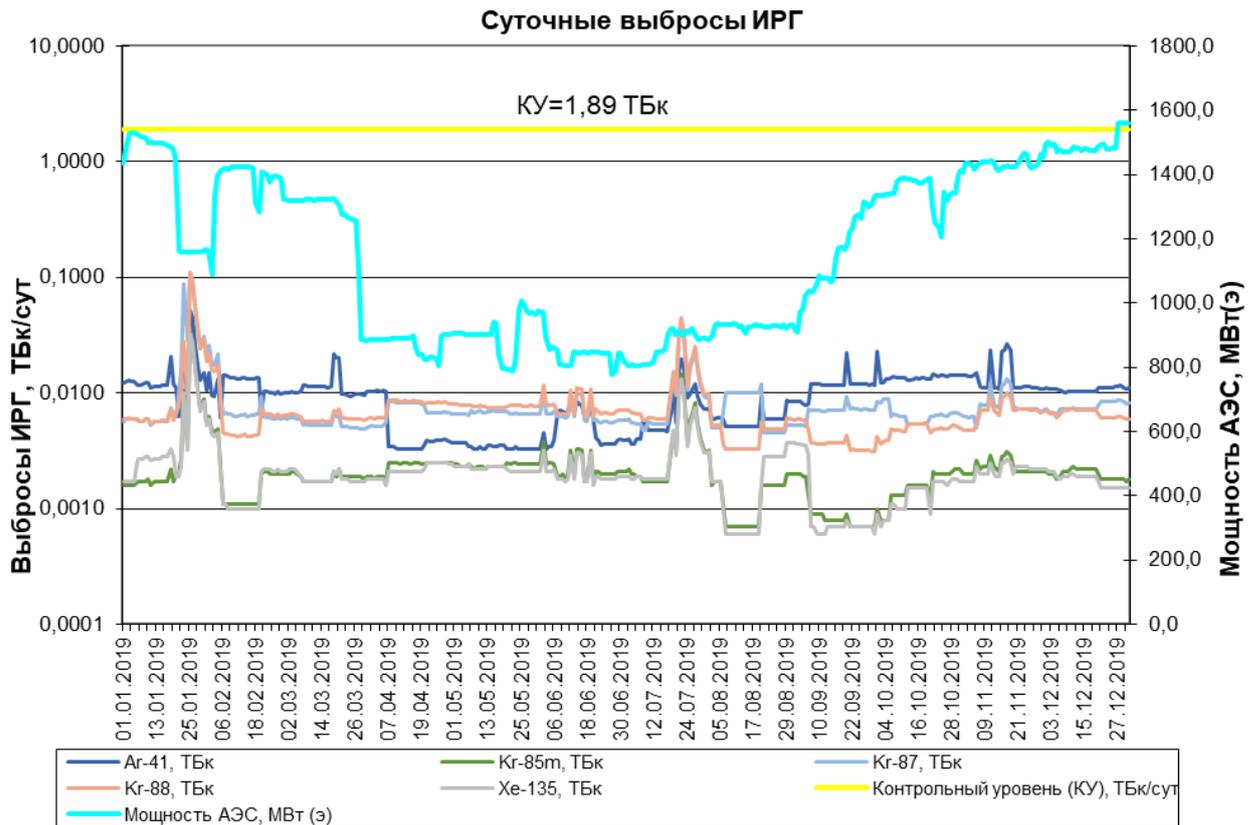
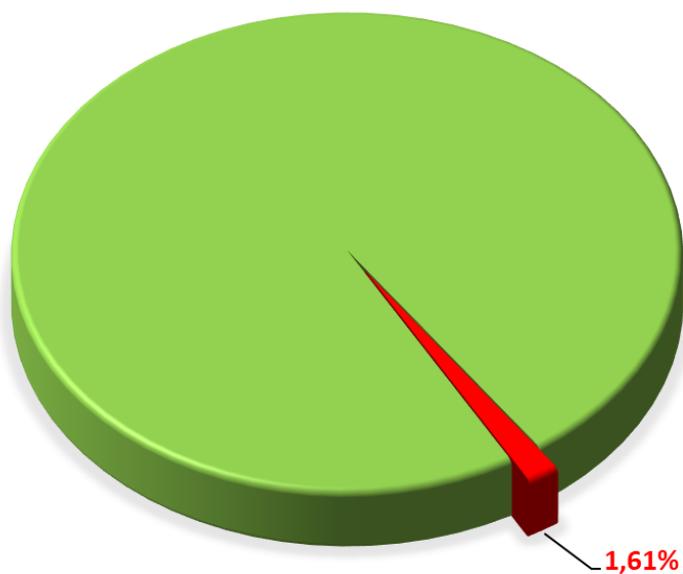


Рисунок 6.7.2.1. Суточные выбросы радиоактивных веществ на Кольской АЭС в течение 2019 года.

Суммарный удельный вес выбросов ИРГ в объеме допустимых значений в %



Удельный вес выбросов Cs-137 в объеме допустимых значений в %



Рисунок 6.7.2.2. Удельный вес выбросов РВ в объеме допустимых значений ДВ за 2019 год.

Газоаэрозольные выбросы радиоактивных веществ на Кольской АЭС в 2019 году составили (табл. 6.7.2.1): ΣИРГ - 1,61 %, ^{137}Cs - 2,18%, для остальных нормируемых РВ – менее 1 % от значений допустимых выбросов (ДВ), установленных для Кольской АЭС.

6.7.3 Жидкие сбросы радионуклидов в водные объекты

Основным источником радиоактивных веществ, поступающих с Кольской АЭС в водные объекты, являются технологические воды реакторного отделения ЗКД, не подлежащие дальнейшему использованию в технологическом цикле (дебалансные воды).

Сброс дебалансных вод из реакторного отделения возможен единственным проектным путем, через контрольные баки (КБ) или баки «чистого» конденсата (БЧК). Планируемые к сбросу воды проходят очистку на установках спецводоочистки (СВО). Из КБ или БЧК дебалансные воды направляются в технологические системы ТЦ и ЦОС. С учетом значительных объемов технологических вод ТЦ и ЦОС происходит гарантированное разбавление дебалансных вод. Далее после обращения в данных системах, воды в составе сточных через очистные сооружения по выпуску №2 поступают в отводящий канал и затем попадают в Имандровское водохранилище (губа Молочная плеса Бабинская Имандра).

Осуществляемая перед сбросом водоподготовка, очистка дебалансных вод, дальнейшее их разбавление в технологических водах ТЦ и ЦОС, контроль содержания радионуклидов в дебалансной воде на соответствие предельным значениям, гарантирует не превышение значений активности, приведенных в приложении №5 к ОСПОРБ-99/2010, по всем нормируемым РВ.

Консервативно считая, что вся активность, вышедшая за пределы РО ЗКД, рано или поздно поступит в окружающую среду, учетными точками сброса РВ определены КБ и БЧК, как наиболее удобные места осуществления корректного учета.

В соответствии с санитарными правилами проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03) для Кольской АЭС разработаны Нормативы допустимых сбросов (ДС) радиоактивных веществ в водные объекты, в которых установлены значения годовых ДС для всех РВ, вносящих вклад не менее 99% в годовую эффективную дозу облучения лиц из критической группы населения. Соблюдение значений ДС гарантирует, что доза облучения населения за счет жидких сбросов при нормальной эксплуатации атомной станции не превысит минимально значимой дозы 10 мкЗв в год, что соответствует уровню безусловно приемлемого риска для населения (10^{-6} год⁻¹).

В 2019 году на Кольской АЭС сброс радиоактивных веществ в водные объекты осуществлялся на основании Нормативов допустимых сбросов, утвержденных Донским МТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора (Приказ Руководителя Донского МТУ от 03.04.2018 №49) и Разрешения №29 от 03.04.2018 (со сроком действия по 04.04.2025) на сброс радиоактивных веществ в водные объекты.

В соответствии с Нормативами ДС и Разрешением в жидких сбросах нормируются радионуклиды: ^3H , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{134}Cs , ^{137}Cs .

В соответствии с СТО 1.1.1.04.001.0143-2015 «Положение о годовых отчетах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций» учет сбросов осуществляется следующим образом: если существующими приборами и методами некоторые РВ, нормируемые в сбросах, не определяются, то фактическому значению сброса присваивается значение 1/2 произведения нижнего предела измерения на суммарный объем сброса.

С целью оперативного контроля и недопущения превышения годовых значений ДС на Кольской АЭС установлены контрольные уровни жидких сбросов РВ за сутки и месяц.

Годовые сбросы РВ на Кольской АЭС в водные объекты за 2019 год представлены в таблице 6.7.3.1.

Удельный вес сбросов РВ в объеме допустимых значений ДС за 2019 год представлен на рисунке 6.7.3.1.

Таблица 6.7.3.1. Годовые сбросы радиоактивных веществ на Кольской АЭС в водные объекты за 2019 год

Источник сточных вод	Характер сточных вод	Приемник (водоем, река,..)	Объем сброса, м ³	Радионуклид	Сброс за год, Бк	Индекс сброса	Сброс за предшествующий год, Бк	Индекс сброса в предшествующем году
Контроль чистого конденсата	Дебальная вода реакторного отделения 1 очереди	Губа Молочная Имандровского водохранилища по выпуску №2	4981	³ H	2,82E+12	5,03E-02	5,22E+12	5,36E-02
				⁵¹ Cr	-	-	2,09E+06	3,87E-08
				⁵⁴ Mn	-	-	3,41E+05	4,32E-06
				⁵⁹ Fe	-	-	7,12E+05	1,06E-06
				⁵⁸ Co	-	-	3,71E+05	1,28E-05
				⁶⁰ Co	1,21E+06	1,89E-05	1,43E+06	2,02E-05
				⁶⁵ Zn	1,89E+06	2,81E-05	2,27E+06	3,00E-05
				⁸⁹ Sr	-	-	7,44E+06	1,03E-06
				⁹⁰ Sr	-	-	4,94E+06	5,55E-05
				⁹⁵ Zr	-	-	5,74E+05	7,76E-07
				¹⁰³ Ru	-	-	3,46E+05	1,12E-07
				¹⁰⁶ Ru	-	-	3,40E+06	6,42E-05
				¹³¹ I	-	-	2,85E+05	1,10E-07
				¹³⁴ Cs	7,60E+05	6,44E-05	1,04E+06	6,18E-05
				¹³⁷ Cs	1,17E+06	9,20E-05	2,78E+06	1,88E-04
				¹⁴¹ Ce	-	-	3,21E+05	1,69E-08
				¹⁴⁴ Ce	-	-	1,40E+06	7,78E-07
				Общая активность	2,82E+12	5,05E-02	5,22E+12	5,40E-02
Контроль чистого конденсата	Дебальная вода реакторного отделения 2 очереди	Губа Молочная Имандровского водохранилища по выпуску №2	9406	³ H	6,97E+12	1,24E-01	8,53E+12	1,02E-01
				⁵¹ Cr	-	-	1,23E+06	2,28E-08
				⁵⁴ Mn	-	-	2,17E+05	2,75E-06
				⁵⁹ Fe	-	-	4,46E+05	6,66E-07
				⁵⁸ Co	-	-	2,30E+05	7,93E-06
				⁶⁰ Co	2,40E+06	3,75E-05	1,77E+06	2,63E-05
				⁶⁵ Zn	3,37E+06	5,02E-05	2,63E+06	3,69E-05
				⁸⁹ Sr	-	-	5,19E+06	7,21E-07
				⁹⁰ Sr	-	-	3,50E+06	3,93E-05
				⁹⁵ Zr	-	-	3,76E+05	5,08E-07
				¹⁰³ Ru	-	-	2,00E+05	6,45E-08
				¹⁰⁶ Ru	-	-	2,07E+06	3,91E-05
				¹³¹ I	-	-	1,84E+05	7,08E-08
				¹³⁴ Cs	1,32E+06	1,12E-04	1,03E+06	7,38E-05
				¹³⁷ Cs	1,74E+06	1,37E-04	1,46E+06	9,73E-05
				¹⁴¹ Ce	-	-	2,00E+05	1,05E-08
				¹⁴⁴ Ce	-	-	8,50E+05	4,72E-07
				Общая активность	6,97E+12	1,245E-01	8,53E+12	1,021E-01
Суммарный сброс за год, Бк					9,79E+12		1,38E+13	

Фактов превышения допустимых сбросов в 2019 году не зафиксировано.

Удельный вес сброса трития в объеме допустимых значений в %

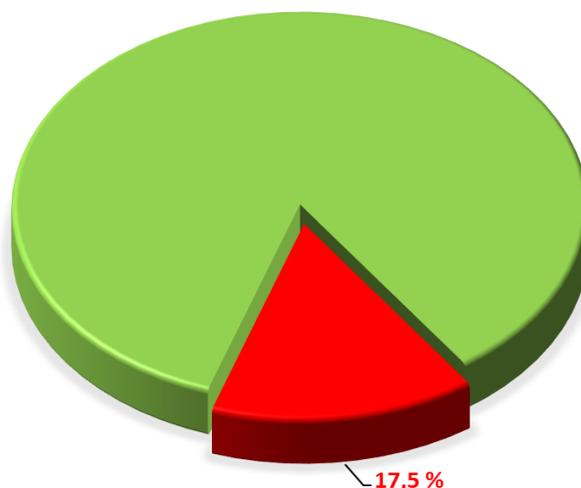


Рисунок 6.7.3.1. Удельный вес сбросов РВ в объеме допустимых значений ДС.

Жидкие сбросы радиоактивных веществ на Кольской АЭС в 2019 году составили (табл. 6.7.3.1): ^3H - 17,5 %, для остальных нормируемых РВ – менее 0,03 % от значений допустимых сбросов (ДС), установленных для Кольской АЭС.

В соответствии с СТО 1.1.1.04.001.0143-2015 «Положение о годовых отчетах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций» ежегодно проводится расчет индекса сброса:

$$Y = \sum \frac{q_i}{Q_i},$$

где: **Y** - индекс сброса;

qi - годовое поступление i-го радионуклида, Бк/год;

Qi - ДС для i-го радионуклида, Бк/год.

Суммарный индекс сброса РВ для Кольской АЭС за последние 10 лет представлен в таблице 6.7.3.2.

Таблица 6.7.3.2. Суммарный индекс сброса радиоактивных веществ для Кольской АЭС за последние 10 лет

Год	Суммарный индекс сброса (Y)
2010	0,0172944
2011	0,0141451
2012	0,015961
2013	0,021618
2014	0,02086
2015	0,0245
2016	0,0188
2017	0,0153
2018	0,1561
2019	0,1750

Примечание: Увеличение индекса сброса связано с введением в 2018 году новых нормативов ДС с более низкими значениями (например, по тритию снижение норматива произошло в 13,5 раза). Индекс сброса за 2019 год составил величину менее 1.

6.7.4 Радиационный фон на местности

С целью определения степени воздействия на человеческий организм внешних источников гамма-излучения осуществляется контроль мощности дозы гамма-излучения и годовой дозы на местности в местах, доступных для населения.

Контроль мощности дозы гамма-излучения и годовой дозы на местности проводится в соответствии с МУ 2.6.5.008-2016 «Методические указания. Контроль радиационной обстановки. Общие требования» и МУ 1.1.4.01.1531-2018 «Методические указания. Организация радиационного контроля в районе расположения атомных станций».

Результаты контроля мощности дозы гамма-излучения на территории промлощадки, в санитарно-защитной зоне, зоне наблюдения и контрольном пункте за 2019 год представлены в таблице 6.7.4.1.

Таблица 6.7.4.1. Мощность дозы гамма-излучения на территории промлощадки, в СЗЗ, ЗН и КП за 2019 год, мкЗв/час

Контролируемая территория	Среднее значение	Максимальное значение
Промплощадка	0,09	0,23
СЗЗ	0,08	0,09
ЗН	0,06	0,10
Контрольный пункт (г. Кандалакша)	0,08	0,10

Мощность дозы гамма-излучения на местности в районе размещения АЭС находилась в пределах естественного радиационного фона на территории России (0,04 – 0,20 мкЗв/час).

Результаты контроля годовой дозы гамма-излучения за 2019 год, полученные измерением экспонированных на местности термолюминесцентных дозиметров, представлены в таблице 6.7.4.2.

Таблица 6.7.4.2. Годовая доза гамма-излучения в СЗЗ, ЗН и КП за 2019 год, мкЗв

Контролируемая территория	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
СЗЗ	490	370	505	460	460	390	640	523
ЗН	460	535	460	530	659	440	425	440
Контрольный пункт (г. Кандалакша)	-	-	-	-	450	-	-	-

В 2019 году значимого отличия годовых доз на местности в районе размещения Кольской АЭС и контрольном пункте не наблюдалось.

6.7.5 Содержание радионуклидов в атмосферном воздухе

Контроль содержания радиоактивных веществ в атмосферном воздухе в районе размещения Кольской АЭС проводится в соответствии с «Методикой контроля объемной активности аэрозолей атмосферного воздуха и йода-131 в районе расположения Кольской АЭС. МВК 6.1.9(8)-18».

Объемная активность РВ и объемная суммарная бета-активность в атмосферном воздухе района размещения Кольской АЭС представлена в таблице 6.7.5.1.

Таблица 6.7.5.1. Объемная активность радиоактивных веществ и объемная суммарная бета-активность в атмосферном воздухе района размещения Кольской АЭС, 10^{-6} Бк/м³

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		Контрольный пункт		ДОО _{нас} , Бк/м ³
	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет	
Цезий-137	1,5	1,3	<1,1	<1,0	<1,3	<1,1	27
Серебро-110m	2,7	1,8	<1,1	<1,2	<1,4	<1,2	15
Ниобий-95	1,7	1,5	<1,3	<1,2	<1,7	<1,3	72
Кобальт-60	1,6	1,5	<1,0	<1,1	<1,1	<1,0	11
Кобальт-58	1,2	1,2	<1,2	<1,0	<1,4	<1,1	68
Марганец-54	1,4	1,2	<0,9	<1,0	<1,2	<1,0	72
Объемная Σβ-активность	99	98	75	77	75	99	-

Объемная активность РВ в атмосферном воздухе на территории АЭС в 2019 году составила: ¹³⁷Cs – $5,6 \cdot 10^{-6}$ %, ^{110m}Ag – $1,8 \cdot 10^{-5}$ %, ⁹⁵Nb – $2,4 \cdot 10^{-6}$ %, ⁶⁰Co – $1,5 \cdot 10^{-5}$ %, ⁵⁸Co – $1,8 \cdot 10^{-6}$ %, ⁵⁴Mn – $1,9 \cdot 10^{-6}$ % от значений ДОО_{нас}, приведенных в приложении 2 к НРБ-99/2009.

Объемная суммарная бета-активность атмосферного воздуха на территории АЭС в 2019 году оказалась ниже суммарной бета-активности, измеренной в районе размещения АЭС до ее пуска (1972 год) в 29,9 раз, а объемная активность ¹³⁷Cs ниже предпускового значения в 34,5 раз.

Такое снижение активности обусловлено прекращением испытаний ядерного оружия, распадом техногенных радионуклидов-загрязнителей и постепенным самоочищением атмосферы.

Динамика изменения объемной суммарной бета-активности атмосферного воздуха в районе размещения Кольской АЭС за период эксплуатации представлена на рисунке 6.7.5.1.

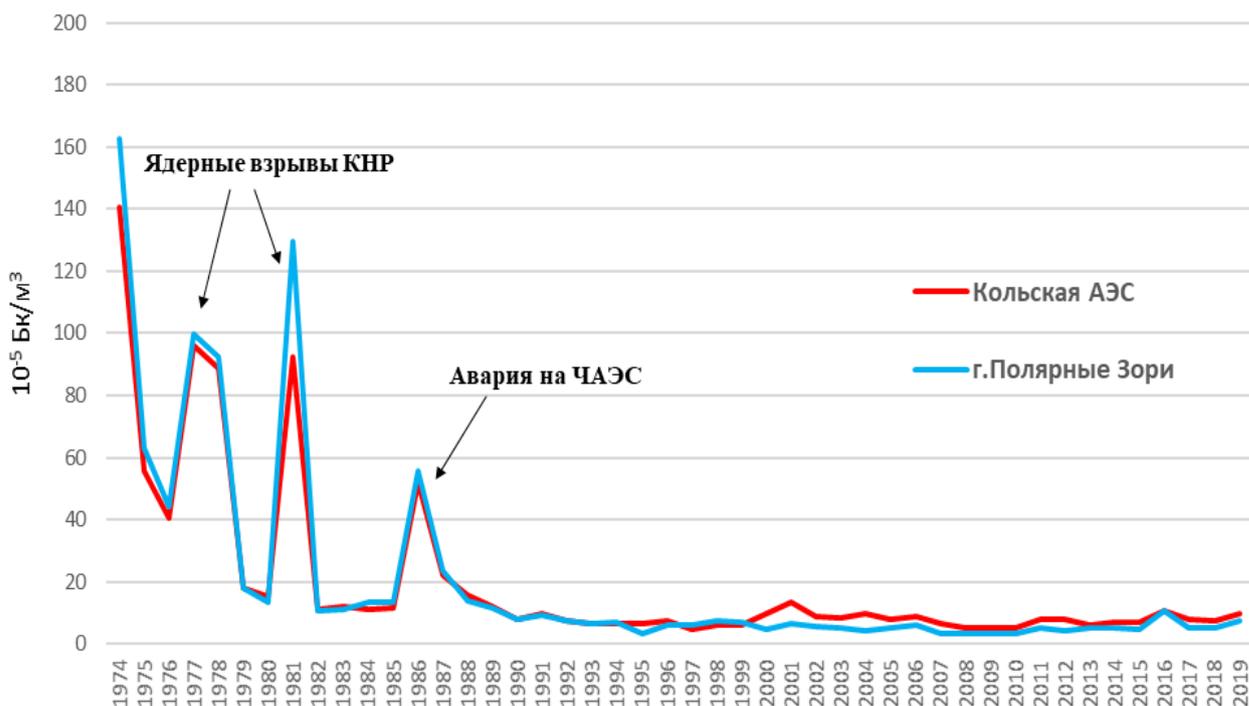


Рисунок 6.7.5.1. Динамика изменения объемной суммарной бета-активности атмосферного воздуха в районе размещения Кольской АЭС за период эксплуатации.

Изменение объемной суммарной бета-активности приземного слоя атмосферного воздуха за период эксплуатации Кольской АЭС показывает, что активность воздуха определяется, главным образом, радионуклидами естественного, в том числе космогенного происхождения, а также, в меньшей степени, техногенными радионуклидами глобального загрязнения атмосферы.

6.7.6 Содержание радиоактивных веществ в атмосферных выпадениях

Контроль содержания радиоактивных веществ в атмосферных выпадениях в районе размещения Кольской АЭС проводится в соответствии с «Методикой контроля радиоактивных выпадений на поверхность земли в районе расположения Кольской АЭС. МВК 6.1.4(7)-18».

Плотность выпадения РВ из атмосферы в районе размещения Кольской АЭС представлена в таблице 6.7.6.1.

Таблица 6.7.6.1. Плотность выпадения радиоактивных веществ из атмосферы в районе размещения Кольской АЭС, Бк/м²·сут

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		Контрольный пункт	
	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет
Цезий-137	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Цезий-134	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Кобальт-60	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,02	< 0,01
Углерод-14	< 2,5	-	< 0,6	-	< 0,6	-
Тритий	< 2,5	-	< 1,7	-	< 1,5	-

Примечание: В соответствии с регламентом № 0-06-28ИП контроль трития и углерода-14 проводится с 2019 года.

Плотность выпадения РВ из атмосферы в районе размещения Кольской АЭС в 2019 году находилась в пределах результатов многолетних наблюдений и составила меньше нижнего предела измерений применяемой МВК, что коррелирует с низким содержанием техногенных радионуклидов в атмосферном воздухе.

6.7.7 Содержание радиоактивных веществ в воде открытых водоемов

Необходимость контроля содержания радиоактивных веществ в источниках водоснабжения и водопользования в районе размещения АЭС обусловлена потенциальной возможностью облучения населения при потреблении человеком воды, загрязненной вследствие сбросов или выбросов РВ.

Источником питьевого водоснабжения Кольской АЭС и ближайших от нее населенных пунктов является Имандровское водохранилище, которое состоит из плесов Большая Имандра, Йокостровская Имандра и Бабинская Имандра. Система плесов Йокостровская Имандра и Бабинская Имандра, соединенных протокой Широкая Салма, имеет сток воды в Белое море через реку Нива.

Контроль содержания РВ в воде Имандровского водохранилища в районе размещения Кольской АЭС проводится в соответствии с «Методикой радиационного контроля поверхностных вод и грунтовых вод в районе расположения Кольской АЭС. МВК 7.4(1)-18».

Удельная активность РВ в воде Имандровского водохранилища представлена в таблице 6.7.7.1.

Таблица 6.7.7.1. Удельная активность радиоактивных веществ в воде Имандровского водохранилища, Бк/кг

Место отбора проб	Цезий-137, $\times 10^{-3}$		Кобальт-60, $\times 10^{-3}$		Тритий	
	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет
Водозабор Кольской АЭС	<1,0	1,1	<1,0	< 1,0	6,2	5,6
Водозабор н.п. Зашеек	<1,0	1,2	<1,0	< 1,0	4,1	< 1,5
Водозабор пос.Африканда	<1,0	1,2	<1,0	< 1,0	<1,8	3,6
Губа Молочная	< 1,0	2,1	< 1,0	< 1,3	18,4	6,2
пр. Узкая Салма (бывш.)	< 1,0	1,2	< 1,0	< 1,1	< 1,9	< 1,6
пр. Широкая Салма	< 1,0	1,3	< 1,0	< 1,1	< 1,7	4,3
Контрольный водоем (р. Пиренга)	< 1,0	1,1	< 1,0	< 1,2	< 1,8	5,1

Удельная активность трития в воде открытых водоемов в 2019 году находилась в пределах результатов многолетних наблюдений и составила 0,24 % от значения УВ, приведенного в приложении 2а к НРБ-99/2009. Удельная активность остальных радионуклидов составила меньше нижнего предела измерений применяемой МВК.

6.7.8 Содержание радиоактивных веществ в почве

Контроль содержания радиоактивных веществ в почве района размещения Кольской АЭС проводится в соответствии с «Методикой контроля удельной активности грунта (почвы) и донных отложений с применением пробоотбора в районе расположения Кольской АЭС. МВК 1.5.4(18)-18».

Поверхностная активность РВ и поверхностная суммарная бета-активность в почве района размещения Кольской АЭС представлены в таблице 6.7.8.1.

Таблица 6.7.8.1. Поверхностная активность радиоактивных веществ и поверхностная суммарная бета-активность в почве района размещения Кольской АЭС, Бк/м²

Радионуклид	СЗЗ		ЗН		Контрольный пункт	
	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет
Цезий-137	31	92	25	69	21	72
Цезий-134	<37	<32	<27	<34	<30	<28
Кобальт-60	<28	<38	<21	<38	<25	<33
Поверхностная $\Sigma\beta$ -активность	30655	16480	24399	15484	19897	11164

Поверхностная активность РВ и поверхностная суммарная бета-активность в почве района размещения Кольской АЭС в 2019 году находились в пределах результатов многолетних наблюдений.

Усредненная за 5 лет поверхностная активность ¹³⁷Cs в почве санитарно-защитной зоны Кольской АЭС более чем в 4 раза меньше данных «нулевого» фона, полученных Институтом биофизики МЗ СССР в 1972 г.

6.7.9 Содержание радиоактивных веществ в донных отложениях

Контроль содержания радиоактивных веществ в донных отложениях района размещения Кольской АЭС проводится в соответствии с «Методикой контроля удельной активности грунта (почвы) и донных отложений с применением пробоотбора в районе расположения Кольской АЭС. МВК 1.5.4(18)-18».

Удельная активность РВ и удельная суммарная бета-активность в донных отложениях Имандровского водохранилища представлены в таблице 6.7.9.1.

Таблица 6.7.9.1. Удельная активность радиоактивных веществ и удельная суммарная бета-активность в донных отложениях Имандровского водохранилища, Бк/кг

Место отбора проб	Удельная активность радионуклидов				Удельная суммарная бета-активность	
	Цезий-137		Кобальт-60		2019	Средняя за 5 лет
	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет		
Устье отводящего канала	14,4	24,5	< 0,5	<0,7	211,1	142
Молочная Губа	10,9	23,1	< 0,7	<0,7	227	135,8
Орловские острова	16	24	< 0,5	<1,4	232,6	126,3
Рыбоводческое хозяйство	12,3	18,9	< 0,5	<0,7	201,2	185,1
Сосновые острова	3,2	7,1	< 0,8	<1,1	274	129,6
Губа Глубокая	4,3	6,9	< 1,6	<1,2	200	117

На результаты измерения отложений влияют тип отбираемых грунтов, толщина слоя отбираемой пробы, площадь отбора, точность определения места отбора и др.

Отобранные пробы состоят в основном из заиленных песков, содержащих растительные остатки. В районе устья отводящего канала и рыбоводческого хозяйства донные отложения могут содержать, кроме этого, остатки кормов, используемых для откорма рыбы. Удельная суммарная бета-активность проб донных отложений определяется естественным радионуклидом ^{40}K .

Техногенная составляющая активности донных отложений определяется ^{137}Cs глобального и частично «станционного» происхождения в местах непосредственного воздействия сбросных вод АЭС (плес Бабинская Имандра). Колебания активности отложений не имеют четко выраженного характера и не позволяют сделать вывод о накоплении РВ.

6.7.10 Содержание радиоактивных веществ в пищевых продуктах

Необходимость контроля содержания радиоактивных веществ в пищевых продуктах района размещения АЭС обусловлена потенциальной возможностью облучения населения при потреблении продуктов, загрязненных вследствие миграции РВ от сбросов или выбросов с АЭС к объектам окружающей среды.

Удельная активность ^{137}Cs , ^{90}Sr и удельная суммарная бета-активность в натуральных пищевых продуктах района размещения Кольской АЭС представлены в таблице 6.7.10.1.

Таблица 6.7.10.1. Удельная активность ^{137}Cs , ^{90}Sr и удельная суммарная бета-активность в натуральных пищевых продуктах района размещения Кольской АЭС, Бк/кг сырой массы

Продукт	Удельная активность радионуклидов				Удельная суммарная бета-активность	
	Цезий-137		Стронций-90		2019	Средняя за 5 лет
	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет		
Грибы трубчатые:						
СЗЗ	0,2	1,8	-	-	48,2	83,8
ЗН	0,3	2,9	-	-	51,2	76,7
Контрольный пункт	<0,2	1,3	-	-	41,4	66,3
Грибы пластинчатые:						
СЗЗ	0,7	1,7	-	-	66,9	56,0
ЗН	0,6	2,1	-	-	59,5	76,6
Контрольный пункт	0,6	1,6	-	-	57,3	67,8
ДУ (грибы): цезий-137 – 500 Бк/кг						
Ягоды – брусника:						
СЗЗ	0,5	1,8	-	-	44,2	26,6
ЗН	0,5	2,6	-	-	28,4	29,7
Контрольный пункт	0,6	2,4	-	-	27,3	25,8
Ягоды – черника:						
СЗЗ	4,7	4,8	-	-	22,4	24,6
ЗН	3,0	3,9	-	-	20,1	27,0
Контрольный пункт	2,5	3,2	-	-	19,2	20,8
ДУ (ягоды): цезий-137 – 160 Бк/кг						
Рыба свободно обитающая:						

Продукт	Удельная активность радионуклидов				Удельная суммарная бета-активность	
	Цезий-137		Стронций-90		2019	Средняя за 5 лет
	2019	Средняя за 5 лет	2019	Средняя за 5 лет		
Сиг	2,8	3,1	< 2,3	< 1,2	129,0	88,4
Кумжа	2,0	3,8	< 1,7	< 1,5	108,6	63,7
Щука	2,9	5,7	< 2,1	< 1,5	231,5	82,4
Окунь	12,6	8,7	< 3,6	< 1,9	142,3	83,4
Налим	5,5	6,2	< 1,1	< 1,3	51,8	58,2
Рыба садковая:						
Осетр	< 0,5	< 0,7	< 0,9	< 1,3	59,5	50,7
Форель	< 0,6	< 0,6	< 2,4	< 1,6	96,6	74,9
ДУ (рыба): цезий-137 –130 Бк/кг, стронций-90 – 100 Бк/кг						

Примечание: В соответствии с СанПиН 2.3.2.2650-10 «Дополнения и изменения №18 к СанПиН 2.3.2.1078-01» радионуклид ^{90}Sr в ягодах и грибах не нормируется.

Содержание основных дозообразующих радиоактивных веществ ^{137}Cs и ^{90}Sr в натуральных пищевых продуктах района размещения Кольской АЭС соответствует уровням их глобального загрязнения и не превышает допустимых значений, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01 (в дополнении СанПиН 2.3.2.2650-10).

6.7.11 Оценка дозовых нагрузок на население при эксплуатации КПЖРО с ХОРО.

Расчеты годовой эффективной дозы облучения населения от газоаэрозольных выбросов и сбросов Кольской АЭС, а также оценка индивидуальных и коллективных рисков возникновения стохастических эффектов выполнялись территориальной Государственной санитарно-эпидемиологической службой РФ (МРУ №118 ФМБА России) на основе исходных данных, кратко приведенных в предыдущих разделах настоящего документа.

Результаты расчетов показывают, что среднегодовые значения эффективной дозы облучения населения от газоаэрозольных выбросов и сбросов Кольской АЭС за последние 10 лет (рисунок 6.7.11.1) находятся значительно ниже установленных НРБ-99/2009 значений индивидуальной годовой эффективной и годовой коллективной эффективной доз облучения.

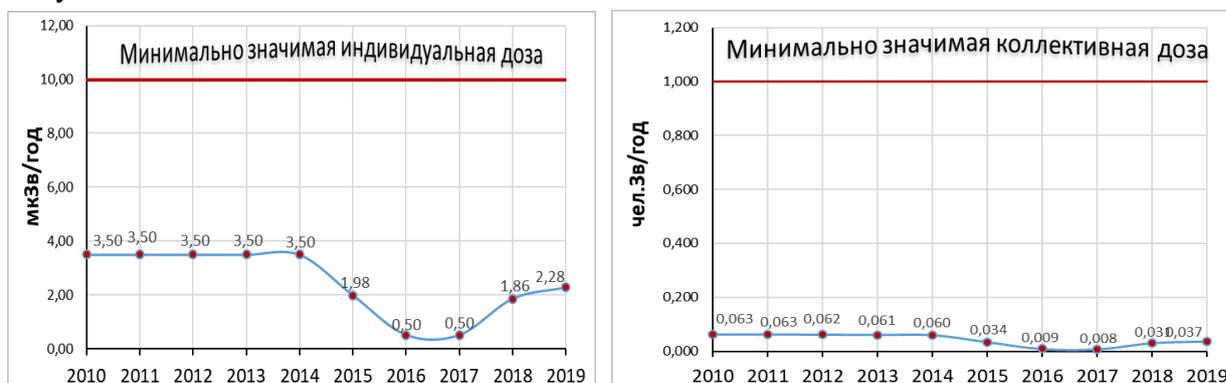


Рисунок 6.7.11.1. Годовые дозы облучения населения, проживающего в зоне наблюдения, за счет деятельности предприятия.

Увеличение в 2018-2019 гг. средней индивидуальной и коллективной доз населения, проживающего в зоне наблюдения, связано с вводом новых нормативов допустимых выбросов (в 2019) и сбросов (в 2018).

Индивидуальный риск населения, проживающего в ЗН Кольской АЭС, с учетом имеющихся погрешностей оценки составляет величину менее $0,1 \cdot 10^{-6}$ случаев в год.

Средняя индивидуальная доза населения за счет деятельности Кольской АЭС (техногенная составляющая) в 2019 году составила значение $2,28 \cdot 10^{-3}$ мЗв/год (рисунок 6.7.11.1.), которое значительно ниже минимально значимой величины эффективной дозы, установленной в [75]. Такое значение индивидуальной дозы, получаемой населением, обеспечивает не превышение установленного в НРБ-99/2009 уровня пренебрежимо малого риска, который составляет $1 \cdot 10^{-6}$.

7. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1. Оценка радиационного воздействия выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду при эксплуатации КПЖРО

С целью снижения радиационного воздействия на окружающую среду и население газоаэрозольные отходы станции (вытяжной воздух зоны контролируемого доступа и технологические сдувки) при работе станции в номинальном режиме после предварительной очистки выбрасываются в атмосферу через высотные вентиляционные трубы энергоблоков.

При отсутствии протечек радиоактивных сред в помещения КПЖРО, активность газоаэрозольного выброса (обусловленного нормальной эксплуатацией систем и ННЭ, не связанными с разуплотнением оборудования, содержащего радиоактивные среды) определена технологическими сдувками с оборудования.

Для очистки технологических сдувок с оборудования установок предназначены системы 0TS80, 0TS88, 0TS91, оснащенные аэрозольными фильтрами 0TS80N01, 0TS88N01, 0TS91N01/N02, типа «ФАРТОС Ц-500». После очистки сдувки направляются в венттрубу.

Проектный аэрозольный выброс в атмосферу, обусловленный эксплуатацией установок КПЖРО при НЭ (таблица 7.1.1), определен в разрезе года из расчета - переработка до 3600 м³ КО в год, также из расчета переработки накопленных на 2010 г. ЖРО: 681 м³ среднеактивного сорбента, 362 м³ низкоактивного сорбента, 619 м³ – шлама баков-отстойников.

При оценке аэрозольного выброса принято:

- расчетная скорость выхода активности в сдувку – 0,1% от скорости поступления в системы комплекса на переработку;
- расчетная эффективность очистки газовых сдувок на фильтрах типа ФАРТОС в режиме самоочищения – 99,9%.

По данным эксплуатации фактические газоаэрозольные выбросы с КАЭС за 1991-2010 гг. не превышали 12% от допустимого выброса в соответствии с СП АС-03 и составили менее $2,5 \cdot 10^8$ Бк/год по регламентированным нуклидам (таблица 7.1.2) [1, 2, 3].

Таблица 7.1.1- Годовой выброс радиоактивных веществ в окружающую среду, обусловленный эксплуатацией установок переработки ЖРО в условиях НЭ

Регламентируемая группа нуклидов	Проектный уровень выбросов при работе КПЖРО в условиях НЭ		Допустимый выброс по СП АС-03 Бк/год	КУ выбросов по СП АС-03 Бк/мес
	При эксплуатации установок А5, А1/А4 ¹ [7] Бк/год	При эксплуатации установок А3, А1/А4 ² [8] Бк/год		
⁶⁰ Со	$7,6 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^7$	$7,4 \cdot 10^9$	$6,2 \cdot 10^8$
¹³⁴ Cs	$3,0 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^7$	$9,0 \cdot 10^8$	$7,5 \cdot 10^7$
¹³⁷ Cs	$9,8 \cdot 10^7$	$3,9 \cdot 10^7$	$2,0 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^8$
Примечание- ¹ – при переработке КО, ² – при переработке САС и шлама				

Таблица 7.1.2 – Фактические годовые выбросы с КолаЭС

Регламентируемая группа нуклидов	Бк/год						
	1991-2004г.г.	2005г	2006г	2007г	2008г	2009г	2010г
⁶⁰ Со	1,0·10 ⁸ - 2,0·10 ⁸	8,82·10 ⁷	8,05·10 ⁷	7,59·10 ⁷	1,06·10 ⁷	2,41·10 ⁷	н
¹³⁷ Cs	4,2·10 ⁷ - 2,5·10 ⁸	5,33·10 ⁷	8,20·10 ⁶	7,69·10 ⁶	4,96·10 ⁶	4,17·10 ⁶	н
Примечание – н - ниже уровня регистрации							

Дополнительно рассмотрен режим ННЭ, связанный со снижением эффективности фильтрации парогазовой среды в системе очистки газовых сдувок. Показано, что при снижении эффективности фильтрации на порядок по сравнению с проектной, аэрозольный выброс в венттрубу за неделю достигнет установленного для Кольской АЭС КУ выброса за месяц в соответствии с СП АС-03.

При наличии необнаруживаемых протечек из оборудования с радиоактивными средами аэрозольный выброс в атмосферу ограничивается за счет постоянной фильтрации вытяжного воздуха на фильтровальных установках 0TL85N001-0TL85N008, 0TL96N001-0TL96N008 систем вентиляции 0TL85 и 0TL96. При обеспечении эффективной фильтрации доля аэрозольного выброса из венттрубы за счет загрязненного воздуха помещений ЗКД не превысит 1% от ДВ со станции.

Контроль над выбросами регламентируемых групп нуклидов в соответствии с СП АС-03 осуществляется системой радиационного контроля (СРК), описание которой приведено в разделе 5 [-2 ОООб.

Техническими решениями в проекте исключены сбросы от установок в окружающую среду. Сбросы из системы спецканализации поступают на переработку в спецкорпус I очереди КолаЭС.

7.2 Оценка нерadiационных параметров воздействия Кольской АЭС на окружающую среду.

7.2.1 Оценка воздействия выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Выбросы загрязняющих веществ (далее ЗВ) в атмосферный воздух не связаны с основной деятельностью Кольской АЭС и формируются, главным образом, за счет функционирования вспомогательных производств (металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки, баки запаса дизельного топлива, резервуары хранения химических средств и пр.).

На Кольской АЭС идентифицированы 30 организованных и 20 неорганизованных источников выбросов, выделяющих в атмосферу 37 наименований загрязняющих веществ и 13 групп веществ, обладающих эффектом суммации. Приоритетными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу при осуществлении производственной деятельности, являются: азота диоксид, азота оксид, сернистый ангидрид, аммиак, углерода оксид, метан, ксилол, этилбензол, керосин, сероводород.

Для всех выбрасываемых загрязняющих веществ разработаны нормативы ПДВ.

Источниками выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух являются:

- стационарные дизельные установки;
- баки запаса дизельного топлива, маслобаки;
- металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки;
- сварочные посты (сварка сварочными штучными электродами, сварочной проволокой);
- резка металлов (газовая, плазменная);
- нефтеловушки;
- очистные сооружения: песколовки, приемные и контактные резервуары, отстойники, аэротенки, песколовки, минерализатор, иловые и песковые площадки;
- резервуары хранения химических средств (аммиачной воды, серной и азотной кислот).

Для определения качественной и количественной характеристики выбросов ЗВ в атмосферу по методикам выполнен расчет загрязнения атмосферы от всех источников выбросов.

Параметры выбросов загрязняющих веществ в атмосферу представлены в Приложении Д.

Перечень основных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, приведен в табл. 7.2.1.1.

Таблица 7.2.1.1. Перечень вредных химических веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Вещество		Использ. критерий	Значение критерия, мг/м ³	Класс опасности	Суммарный выброс вещества	
код	наименование				г/с	т/г
1	2	3	4	5	6	7
0118	Титана диоксид	ОБУВ	0,50000		0,0000282	0,000126
0123	диЖелезо триоксид	ПДК с/с	0,04000	3	0,2228130	0,464272
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	ПДК м/р	0,01000	2	0,0028365	0,005589
0203	Хром (Хром шестивалентный)	ПДК с/с	0,00150	1	0,0000784	0,000327
0228	Хрома трехвалентные соединения (в пересчете на Cr ³⁺)	ОБУВ	0,0010		0,0006435	0,000571
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,20000	3	7,7857257	11,207102
0303	Аммиак	ПДК м/р	0,20000	4	0,120155	1,725672
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,40000	3	1,2472159	1,776283
0322	Серная кислота	ПДК м/р	0,30000	2	0,0000576	0,001153
0328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15000	3	0,5106609	0,292449
0330	Сера диоксид-Ангидрид	ПДК м/р	0,50000	3	1,6049430	1,278813

	сернистый					
0333	Дигидросульфид (Сероводород)	ПДК м/р	0,00800	2	0,0078552	0,117817
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,00000	4	7,7861703	7,450043
0342	Фториды газообразные	ПДК м/р	0,02000	2	0,0014127	0,007426
0344	Фториды плохо растворимые	ПДК м/р	0,20000	2	0,0010003	0,006734
0349	Хлор	ПДК м/р	0,10000	2	0,0005502	0,017351
0410	Метан	ОБУВ	50,00000		10,993637	153,918301
0415	Углеводороды предельные С1-С5	ОБУВ	50,00000		0,0806046	0,788378
0416	Углеводороды предельные С6-С10	ПДК м/р	60,00000		0,0565918	0,790232
0602	Бензол	ПДК м/р	0,30000	2	0,0003893	0,003809
0616	Диметилбензол (Ксилол)	ПДК м/р	0,20000	3	0,0910647	1,269716
0621	Метилбензол (Толуол)	ПДК м/р	0,60000	3	0,1487289	2,073543
0627	Этилбензол	ПДК м/р	0,20000	3	0,0195863	0,273202
0703	Бенз/а/пирен (3, 4-Бензпирен)	ПДК с/с	0,000000001	1	0,0000135	0,000003
1071	Фенол	ПДК м/р	0,01000	1	0,0013273	0,024699
1325	Формальдегид	ПДК м/р	0,03500	2	0,1490929	0,325408
1	2	3	4	5	6	7
1716	Смесь природных меркаптанов	ПДК м/р	0,00005	3	0,0000526	0,000981
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)	ПДК м/р	5,00000	4	0,1016405	0,305342
2732	Керосин	ОБУВ	1,20000		8,0280825	47,124566
2735	Масло минеральное нефтяное	ОБУВ	0,05000		0,0001568	0,001389
2754	Алканы С12-С19	ПДК м/р	1,00000	4	0,050432	0,005767
2868	Эмульсол	ОБУВ	0,05000		0,0002065	0,002089
2907	Пыль неорганическая >70% SiO ₂	ПДК м/р	0,15000	3	0,0000500	0,000101
2908	Пыль неорганическая: 70-20% SiO ₂	ПДК м/р	0,30000	3	0,0002931	0,00175
2920	Пыль меховая (шерстяная, пуховая)	ОБУВ	0,03000		0,0001980	0,000176
2930	Пыль абразивная	ОБУВ	0,04000		0,0353962	0,086794
2936	Пыль древесная	ОБУВ	0,50000		0,0368722	0,057172
Всего веществ: 37					39,0865632	231,405146
в том числе твердых: 13					0,8108838	0,916064
жидких/газообразных: 24					38,2756794	230,489082

Валовые выбросы загрязнения атмосферы определены по расчетной методике, превышений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ на границе

санитарно-защитной зоны предприятия и в ближайшей жилой застройке (п. Зашеек) по всем выбрасываемым из источников загрязнения веществам нет.

Результаты расчетов приведены в Декларации о воздействии на окружающую среду. Для АЭС установлен норматив ПДВ в 230,7187 тонн.

Фактически в 2019 году выброшено 74,501 тонн вредных (загрязняющих) веществ, что составляет 32,3 % от установленного для Кольской АЭС норматива (Рисунок 7.2.1.2.).

В 2019 году наблюдается некоторое снижение объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по сравнению с 2018 годом (на 6,2 %). Снижение объемов выбросов связано с уменьшением объема потребляемых материалов при металлообработке, окончанием работ по продлению сроков эксплуатации блоков и сокращением времени ППР.

Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, тонн/год

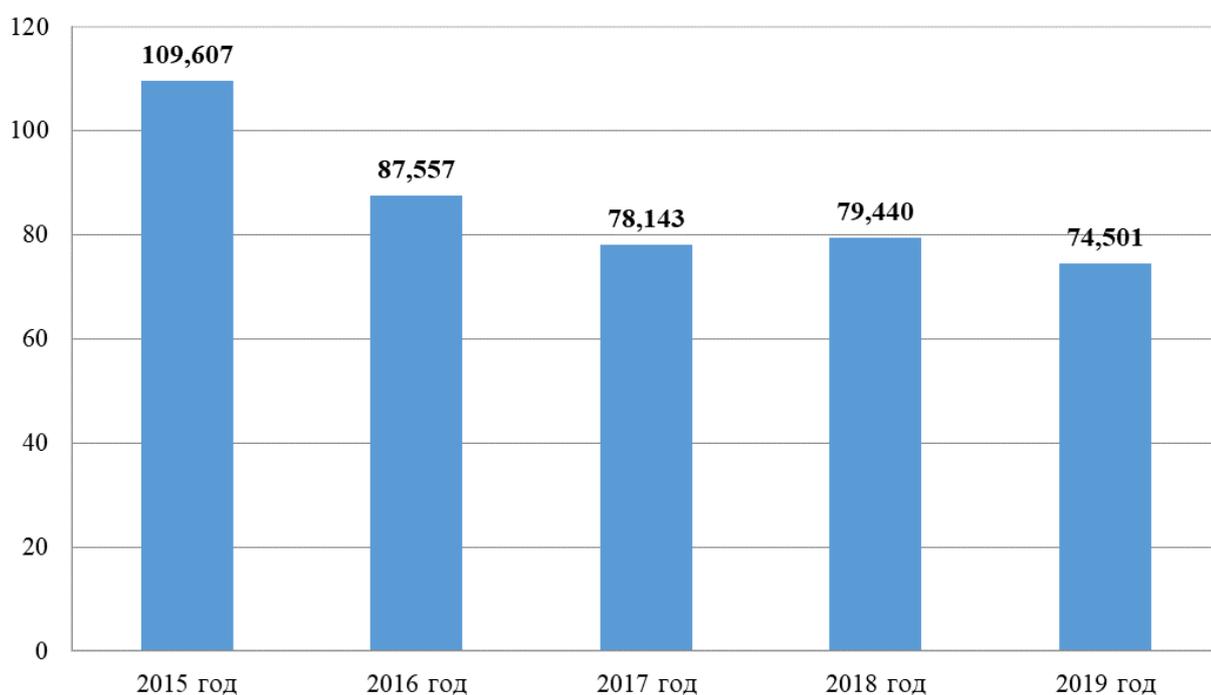


Рисунок 7.2.1.2 Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух за последние 5 лет, тонн/год.

Анализ результатов измерений содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (по данным контроля за состоянием атмосферного воздуха, представленным в Протоколах ЦЛАТИ по Мурманской области) не выявил ни одного зафиксированного факта превышения содержания ЗВ в пробах атмосферного воздуха ни по одному анализируемому компоненту (Приложение Д).

Учитывая состав источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, имеющих на балансе у Кольской АЭС, вероятность аварийных и залповых выбросов ВХВ в атмосферу от источников практически равна нулю, а распространение облака загрязняющих веществ с превышением ПДК невозможно.

Объем выбросов химических соединений от объектов инфраструктуры Кольской АЭС в режиме нормальной эксплуатации, благодаря использованию

современных технических решений по защите атмосферы, значительно меньше величин, регламентированных нормами и правилами по охране окружающей среды.

Поскольку интенсивность источников химического воздействия на окружающую среду не изменилась, увеличения химического воздействия на окружающую среду за счет выбросов загрязняющих веществ не произошло.

7.2.2 Оценка воздействия сбросов загрязняющих веществ Кольской АЭС

Забор воды на нужды АЭС осуществляется из губы Глубокой Имандровского водохранилища, а сброс возвратных вод производится в губу Молочную Имандровского водохранилища.

Забор технической воды в 2019 году составил – 1161981,60 тыс. м³/год (лимит забора воды – 2134403,6 тыс. м³/год), на хозяйственно – питьевые нужды – 630,16 тыс. м³/год (лимит забора воды – 1065,5 тыс. м³/год), подземных вод – 14,39 тыс. м³/год, объем безвозвратных потерь – 11427,9 тыс. м³/год. Продувка водоема - охладителя не проводится.

Объем забранной воды в 2019 году уменьшился по сравнению с 2018 годом в связи уменьшением объема выработки и отпуска электроэнергии и увеличением объема повторно используемой воды.

Сброс очищенных сточных вод осуществляется в губу Молочная Имандровского водохранилища. Воды, сбрасываемые с АЭС, относятся к категориям нормативно чистых и нормативно очищенных вод. Загрязненные сточные воды, сбрасываемые с АЭС без очистки отсутствуют.

Сброс сточных вод в 2019 году составил:

нормативно-чистых (без очистки) – 1150553,67 тыс. м³/год (лимит сброса – 2121000 тыс. м³/год);

нормативно-очищенных на очистных сооружениях:

биологической очистки – 214,23 тыс. м³/год;

механической очистки – 401,30 тыс. м³/год.

В 2019 году наблюдается уменьшение расходов сточных вод по сравнению с предыдущим годом. Изменение объясняется уменьшением объема забираемой воды.

Контроль природных и возвратных вод на АЭС проводится в соответствии с согласованными и утвержденными «Программой производственного экологического контроля почвы, природных и сточных Кольской АЭС» № 1646-20 и «Регламентом химического контроля за качеством возвратных и грунтовых вод Кольской АЭС» №0-06-43ИП.

Анализ динамики сброса загрязняющих веществ в водный объект показывает, что среднее значение величины сброса за последние 4 года составляет 42% от установленного норматива (Рисунок 7.2.2.1.).

Информация о соблюдении установленных нормативов ПДК в сбросах представлена в разделе 7.2.1.



Рисунок 7.2.2.1. Динамика сброса загрязняющих веществ в водный объект за период 2016-2019 гг., тонн/год

Уменьшение количества сбрасываемых загрязняющих веществ в 2019 году по сравнению с 2018 годом связано с уменьшением объемов сточных вод, поступающих на очистные сооружения Кольской АЭС.

Превышения утвержденных годовых нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду на Кольской АЭС отсутствовали. Сведения, полученные в результате учета объема забора водных ресурсов из водных объектов, сброса и учета качества сточных (дренажных) вод приведена в Приложении Е.

7.3 Прогноз миграции радионуклидов в поверхностных водах

7.3.1 Воздействие Кольской АЭС на поверхностные воды в режиме нормальной эксплуатации КАЭС

Озеро Йокостровская Имандра является источником технического и питьевого водоснабжения Кольской АЭС и ближайших к ней населенных пунктов (г. Полярные Зори, пос. Зашеек и Африканда).

Сброс охлаждающих и других вод с АЭС с расходом до 85 м³/с осуществляется в губу Молочная оз. Бабинская Имандра. Расстояние между водозабором и устьем сбросного канала АЭС по акватории озера составляет около 30 км.

Внешняя граница зоны наблюдений (ЗН) установлена по окружности радиусом 15 км, отсчитываемым от геометрического центра между вентиляционными трубами 1-ой и 2-ой очередей, внутренняя - по внешней границе с санитарно-защитной зоной (СЗЗ).

При работе АЭС радиоактивные вещества могут поступать в окружающую среду в установленных для нормальной эксплуатации пределах. Схема промплощадки Кольской АЭС с указанием источников поступления радиоактивных веществ в окружающую среду при нормальной эксплуатации приведена на рисунке 7.3.1.1.



Рисунок 7.3.1.1 - Карта-схема промплощадки Кольской АЭС с указанием источников поступления радиоактивных веществ в окружающую среду

В поверхностные воды РВ могут поступать за счет осаждения выбросов радиоактивных аэрозолей, удаляемых системами вентиляции в венттрубу, как при нормальной эксплуатации АЭС, так и в результате радиационных аварий.

Сброс в окружающую среду радиоактивных вод и жидких отходов может произойти только при нарушениях ведения технологического процесса или герметичности оборудования с радиоактивными средами. При нормальной эксплуатации АЭС активность сбросных вод не превышает допустимых норм для питьевой воды.

Радиационный контроль на территории АЭС, в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и зоны наблюдения (ЗН) осуществляет отдел радиационной безопасности (ОРБ).

Результаты многолетнего радиационного мониторинга, проводимого с 1973 г., публикуются в ежегодных отчетах о радиационной обстановке в районе расположения Кольской АЭС.

Радиационный контроль воды оз. Имандра проводится ежеквартально в 7 точках:

- губа Молочная (сбросной канал);
- подводящий канал (губа Глубокая);
- узкая Салма;
- широкая Салма;
- водозабор пос. Африканда;
- река Нива;

- контрольный водоем - р. Пиренга.

Удельная активность воды в точках контроля за 2019 год и усредненные значения за последние 5 лет приведена в таблице 7.3.1.1.

Таблица 7.3.1.1. Удельная активность радионуклидов в воде Имандровского водохранилища за 2019 год, 10^{-3} Бк/кг

Место отбора проб	Цезий-137			Кобальт-60			Тритий		
	Отчетный год	Год предшествующий отчетному	Средняя за 5 лет	Отчетный год	Год предшествующий отчетному	Средняя за 5 лет	Отчетный год	Год предшествующий отчетному	Средняя за 5 лет
Губа Молочная	< 1,0	1,7	2,1	< 1,0	< 1,4	< 1,3	18,4	< 1,8	6,2
пр. Узкая Салма (бывш.)	< 1,0	0,7	1,2	< 1,0	< 0,8	< 1,1	< 1,9	< 1,7	< 1,6
пр. Широкая Салма	< 1,0	1,2	1,3	< 1,0	< 1,0	< 1,1	< 1,7	< 1,7	4,3
Контрольный водоем (р. Пиренга)	< 1,0	0,9	1,1	< 1,0	< 1,2	< 1,2	< 1,8	< 1,9	5,1

Примечание: другие техногенные радионуклиды не обнаружены.

Удельная активность трития в воде открытых водоемов района расположения Кольской АЭС в 2019 году находилась в пределах результатов многолетних наблюдений и составила 0,24 % от значения УВ, приведенного в приложении 2а к НРБ-99/2009. Удельная активность остальных радионуклидов в воде открытых водоемов в 2019 году находилась на уровне меньше нижнего предела измерений при регламентированных условиях применения МВК.

Пробы донных отложений отбираются в 10-ти постоянных точках контроля акватории озера Имандра в пределах ЗН:

- устье сбросного канала;
- Молочная Губа т.№1;
- Молочная Губа т.№2;
- Орловские о-ва;
- Кунчаст Губа;
- Форелевое хозяйство;
- Губа Камка;
- Губа Глубокая;
- Сосновые о-ва;
- Губа Заячья.

Согласно данным многолетних наблюдений [76, 77] колебания уровней радиоактивности донных отложений не имеют четко выраженного характера и не позволяют сделать вывод о том, что имеет место непрерывное накопление радионуклидов. Отмеченные колебания могут быть вызваны причинами методического характера, в частности, трудностями с отбором представительных проб.

Данные многолетнего мониторинга поверхностных вод в зоне наблюдений Кольской АЭС показывают, что в режиме нормальной эксплуатации выбросы и сбросы станции не приводят к обнаруживаемым изменениям естественного радиационного фона. Детальный прогноз миграции радионуклидов приведен в [77].

7.3.2 Прогноз миграции радионуклидов в Имандровское водохранилище при кратковременных аварийных сбросах Кольской АЭС

Как отмечалось выше, сброс в окружающую среду радиоактивных вод и жидких отходов может произойти только при нарушениях ведения технологического процесса или герметичности оборудования с радиоактивными средами.

В качестве расчетного сценария для прогноза миграции радионуклидов рассмотрен кратковременный (продолжительность 1 час) единичный сброс в сбросной канал КолАЭС. Расчеты выполнялись методом математического моделирования.

Методические основы расчета

Моделирование проводилось в трехмерной постановке с помощью программного комплекса CARDINAL (Клеванный, 1999).

Уравнения в трехмерной постановке имеют вид:

$$u_t + uu_x + vv_y + ww_z = -g\zeta_x - \frac{g}{\rho_o} \int_z^{\zeta} \rho_x dz - \frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial x} + fv + K(u_{xx} + u_{yy}) + (ku_z)_z \quad (7.3.2.1)$$

$$v_t + uv_x + vv_y + wv_z = -g\zeta_y - \frac{g}{\rho_o} \int_z^{\zeta} \rho_y dz - \frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial y} - fu + K(v_{xx} + v_{yy}) + (kv_z)_z \quad (7.3.2.2)$$

$$u_x + v_y + w_z = \bar{\omega}_s, \quad (7.3.2.3)$$

$$\zeta_t + U_x + V_y = \omega_s, \quad (7.3.2.4)$$

$$c_t + (cu)_x + (cv)_y + [c(w - w_0)]_z = \bar{\omega}_s c_s - \lambda c + K_c(c_{xx} + c_{yy}) + (k_c c_z)_z, \quad (7.3.2.5)$$

где $\bar{v} = (u, v, w)$ - скорость воды, $\rho(\bar{x}, t)$ - плотность воды, g - ускорение силы тяжести, $\zeta(x, y, t)$ - уровень свободной поверхности, P_A - атмосферное давление, и $f = 2\omega \sin \varphi$ - параметр Кориолиса, φ - географическая широта, k и K - коэффициенты горизонтального и вертикального турбулентного обмена, соответственно, $\bar{\omega}_s$ - объем воды, поступающий в единичный объем за единицу времени из внутренних источников, U и V - полные потоки, ω_s - объем воды, поступающей от внутренних источников на единицу поверхности в единицу времени, $c(\bar{x}, t)$ - концентрация растворенных или взвешенных примесей, w_0 - скорость всплывания или осаждения взвешенных примесей, c_s - концентрация примеси в воде, поступающей из источника, λ - коэффициент не консервативности, k_c, K_c - коэффициенты вертикальной и горизонтальной диффузии примеси. Координата z направлена вертикально вверх. Уравнения решаются при задании некоторых начальных и следующих граничных условиях для u, v, ζ, c .

Подробно, описание программы приведено в техническом отчете [78].

Расчетная область модели включала Бабинскую и Йокостровскую Имандры. Распространение радионуклидов моделировалось для условий, способствующих их миграции в сторону водозаборов хозяйственного водоснабжения (губы Зашеечной).

Одной из особенностей распространения радионуклидов в водной среде является их частичная адсорбция на взвешенных частицах и последующее оседание вместе с ними на дно. В работе [77] в уравнении переноса радионуклидов, записанных в одномерной постановке, адсорбция и осаждение параметризуется членом

$$-Ac \frac{w_0}{H} \frac{K_{d1} S_1}{1 + K_{d1} S_1}, \quad (7.3.2.6)$$

где w_0 – скорость осаждения взвешенных частиц, S_1 – концентрация взвешенных частиц (мутность, кг/м³), A – площадь поперечного сечения, K_{d1} – размерный коэффициент распределения радионуклидов между водой и взвесью (м³/кг). Если он равен нулю – на взвеси ничего нет, когда он стремится к бесконечности – все нуклиды адсорбируются на взвеси.

В трехмерной постановке выражение (7.3.2.6) принимает вид

$$-\frac{\partial c}{\partial z} w_0 \frac{K_{d1} S_1}{1 + K_{d1} S_1}. \quad (7.3.2.7)$$

Выражение (7.3.2.2) учитывает то обстоятельство, что часть нуклидов будет осаждаться на взвеси.

Таблица K_{d1} для различных нуклидов приведена в работе [79]. Например, для цезия-137 он равен 27 м³/кг.

Для учета осаждения за характерное значение мутности в Имандре принято значение $S_1 = 10^{-3}$ кг/м³. Характерный диаметр взвешенных частиц в Имандре 0,0005 мм. Согласно используемой в CARDINAL расчетной формуле скорость их осаждения w_0 составит 0,017 мм/с (при температуре воды 7°C). Тогда для цезия-137, для которого проводились расчеты, эффективная скорость осаждения составит:

$$w_0 \frac{K_{d1} S_1}{1 + K_{d1} S_1} = 0.017 \text{ м/с} \cdot 0.026 = 0.00044 \text{ м/с} \quad (7.3.2.8)$$

Коэффициент неконсервативности λ для цезия-137 равен $0,737 \times 10^{-9}$ с⁻¹.

Ресуспензия выпавших на дно радионуклидов не учитывалась, т.к. озеро достаточно глубокое, а дно в начальный момент – чистое.

Согласно оценке, приведенной в работе [80], диффузионный обмен нуклидами между водой и дном очень мал - коэффициент диффузного массообмена $3,2 \cdot 10^{-8}$ м/с – это в 2500 раз меньше скорости осаждения.

Гидрометеорологические параметры, влияющие на динамику водохранилища

По данным многолетних наблюдений (1970-2002 гг.) на метеостанции Зашеек наибольшую повторяемость имеет юго-западный ветер со скоростью 2,5 м/с.

Среднемноголетний годовой приток в Имандровское водохранилище равен 4,9 км³/год (156 м³/с.) Минимальный среднемесячный сток периода летне-осенней межени в истоке р. Нивы без учета Пиренгского регулирующего сооружения составляет 14 м³/с [81, 112].

Параметры максимального стока весеннего половодья, рассчитанные в техническом отчете [80] приведены в таблице 7.3.2.1.

Таблица 7.3.2.1 Параметры и вероятностные значения максимального стока весеннего половодья с водозбора оз. Имандра ($F_{\text{водосбора}} = 12300 \text{ км}^2$)

Характеристики стока	Расчетный период		Статистические параметры			Обеспеченность, P= 0,01%
	Годы	Число лет	Ср.	Cv	Cs/Cv	
Максимальные в году расходы воды весеннего половодья, Q	1928-2001	74	935	0,27	2	2190 м3/с
Объем основной волны, V (10дней)	1928-2001	74	0,600	0,27	2	1,40 км3
Объем половодья, W (61день)	1925-48, 60, 62-2001	65	2,05	0,22	1	3,90 км3

Распределение притока в водохранилище по рекам, впадающим в водохранилище, приведено в таблице 7.3.2.2. Местоположение точек разгрузки стока приведено на рисунке 7.3.2.2.

Таблица 7.3.2.2 Распределение притока воды в водохранилище Имандра

Точки разгрузки	Часть от общего притока
губа Пасма	6 %
р.Вандас	3 %
р.Пиренга	35 %
р.Чуна	5 %
Большая Имандра	51 %
ГЭС Нива 1	-100 %

Кроме вышеперечисленного, циркуляционный расход КАЭС вносит существенный вклад в динамику водохранилища, а в межень является доминирующим.

Характеристики модели

Расчетная сетка (Рисунок 7.3.2.2) в модели состояла в плане из 19052 активных точек для расчета концентраций и из 20 слоев по вертикали. Шаги сетки варьируют от 27 до 950 м. Средний шаг сетки 180 м. Объем воды в модели – 6,6 км³, площадь акватории - 504 км². Максимальная глубина – 40 м, средняя – 13 м. Поле глубин расчетной области представлено на рисунке 7.4.2.3.

Использовалась k-ε модель для расчета коэффициента вертикального турбулентного обмена и вертикальной турбулентной диффузии.

Следует отметить, что при расчетах распространения примеси в водоемах с малыми скоростями течений, как это имеет место в Имандре, важное значение имеет расчет горизонтальной турбулентной диффузии. Для расчета коэффициента горизонтальной турбулентной диффузии в настоящей работе использовалась формула Смагоринского (Smagorinsky, 1963), преобразованная к криволинейным координатам и контравариантным составляющим полных потоков.

$$K_s = 0.05 \cdot \Delta x \cdot \Delta y \cdot \sqrt{u_x^2 + v_y^2 + \frac{1}{2}(v_x + u_y)^2} \quad (7.3.2.9)$$

Ветровой коэффициент определялся по формуле Smith, Banke, 1975 [81].

Выполнение расчетов

Расчеты распространения радионуклидов выполнялись от места их сброса до мест размещения водозаборов хоз-питьевого водоснабжения (водозабор КолАЭС, Африканда, Зашеек и Полярные Зори). Расчетами определялось время достижения максимальных концентраций радионуклидов в воде и их значения (в относительных величинах) при наиболее неблагоприятных гидрометеорологических условиях.

Исходные данные

Постоянные параметры:

- циркуляционный расход КАЭС - $85 \text{ м}^3/\text{с}$;
- концентрация взвешенных частиц (мутность воды) - $S_1 = 10^{-3} \text{ кг/м}^3$;
- диаметр взвешенных частиц - 0.0005 мм ; скорость осаждения взвешенных частиц - $w_0 = 0.017 \text{ мм/с}$ (температура воды 7°C).
- радионуклид - цезий 137 (стронций 90);
- размерный коэффициент распределения радионуклидов между водой и взвесью, для ^{137}Cs - $K_{d1} = 27 \text{ м}^3/\text{кг}$;

- эффективная скорость осаждения $w_0 \frac{K_{d1} S_1}{1 + K_{d1} S_1} = 0.00044 \text{ мм/с}$;
- коэффициент не консервативности $\lambda = 0.737 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$.

Единичный сброс радионуклидов в водосбросной канал КАЭС происходит в течение 1 часа. Предполагается, что в водосбросном канале радионуклиды не осаждаются.

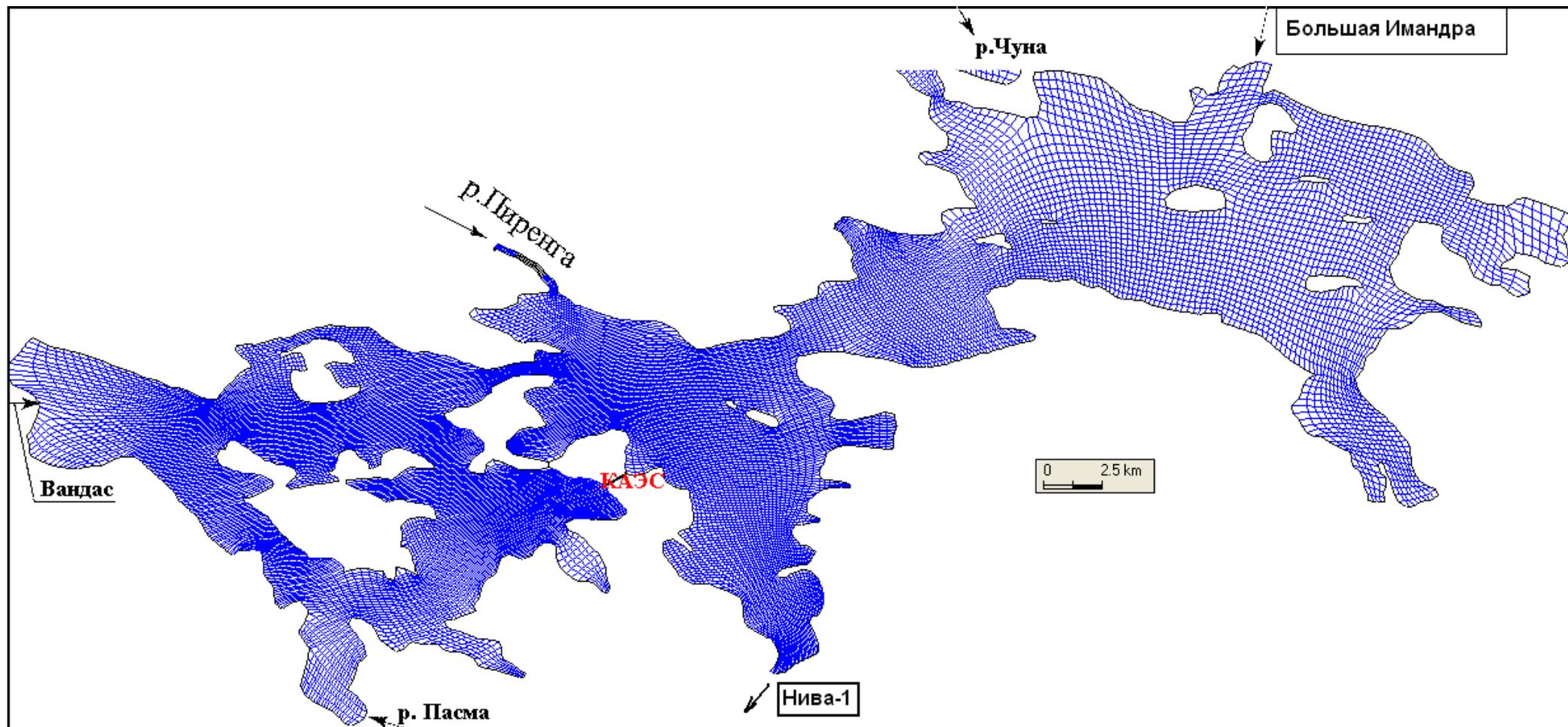


Рисунок 7.3.2.2- Криволинейная сетка модели оз.Имандра

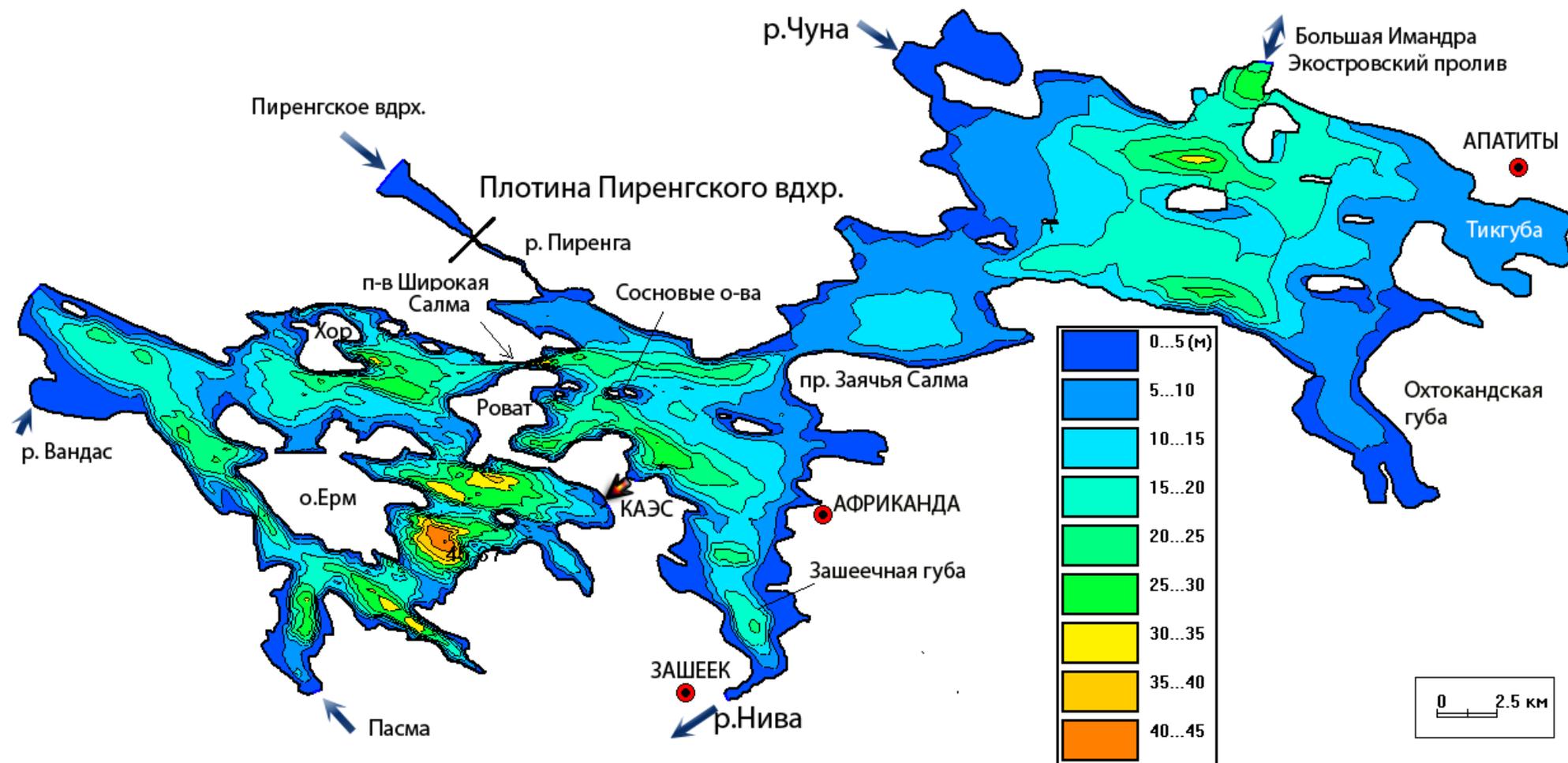


Рисунок 7.3.2.3 – Расчетная область и поле глубин в модели озера Имандра. Шаг изолиний 5 м

Для расчета дрейфа пятна загрязнения в Имандровское водохранилище использованы параметры весеннего половодья вероятностью превышения $P=0,01$ %; среднегодовые гидрометеорологические параметры; параметры летне-осенней межени при штиле.

Весеннее половодье:

средний расход притока в водохранилище за период половодья – $740 \text{ м}^3/\text{с}$;

распределение притока по основным водотокам:

- р. Пиренга – $35\% = 259 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Пасма – $6\% = 44,4 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Чуна – $5\% = 37,0 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Вандас – $3\% = 22,2 \text{ м}^3/\text{с}$;
- оз. Большая Имандра – $51\% = 377 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ГТС Нива – 1 – (минус) $740 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ветер – среднегодовой ЮЗ (225°), $2,5 \text{ м/с}$, постоянный.

Среднегодовые гидрометеорологические условия:

- среднегодовой расход притока в водохранилище – $156 \text{ м}^3/\text{с}$;
- распределение притока по основным водотокам:
- р. Пиренга – $35\% = 54,6 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Пасма – $6\% = 9,4 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Чуна – $5\% = 7,8 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Вандас – $3\% = 4,7 \text{ м}^3/\text{с}$;
- оз. Большая Имандра – $51\% = 80 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ГТС Нива – 1 – (минус) $156 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ветер – среднегодовой (направление – 225° , скорость – $2,5 \text{ м/с}$, постоянный).

Условия летне-осенней межени:

- минимальный, за период наблюдения, среднемесячный расход притока в водохранилище – $14 \text{ м}^3/\text{с}$ (1926 г.);
- распределение притока по основным водотокам:
- р. Пиренга – $35\% = 5,04 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Пасма – $6\% = 0,84 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Чуна – $5\% = 0,70 \text{ м}^3/\text{с}$;
- р. Вандас – $3\% = 0,42 \text{ м}^3/\text{с}$;
- оз. Большая Имандра – $51\% = 7,00 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ГТС Нива – 1 – (минус) $14 \text{ м}^3/\text{с}$;
- ветер – штиль.

Результаты расчетов

На рисунках 7.3.2.4 – 7.3.2.7 приведены результаты расчетов миграции загрязнения от места аварийного сброса (губа Молочная, Бабинская Имандра) до истока р. Нива (Йокостровская Имандра) при различных гидрометеорологических условиях.

В результате выполненных расчетов установлено, что наибольшая скорость распространения загрязнения приурочена к периоду весеннего половодья. Только при

значительных попусках на ГТС Нива-1 (рассмотрен пропуск весеннего половодья вероятностью превышения $P=0,01\%$), пятно загрязнения мигрирует к истоку р.Нива за два месяца и 19 дней. При этом условная концентрация загрязнения в районе водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Полярные Зори и Зашейка не превысит ($0,08 \cdot 10^{-9}$) ед./м³ (рисунок 7.3.2.4), от единичного сброса. В районе водозабора КАЭС максимальная условная концентрация загрязнения достигает ($1,3 \cdot 10^{-9}$) ед./м³. Распределение загрязнения по глубине при прохождении паводка по профилю р. Пиренга – р. Нива приведено на рисунке 7.3.2.4.

При среднегодовых гидрометеорологических условиях (рисунок 7.3.2.5) скорость перемещения пятна загрязнения значительно ниже. Только через три месяца после сброса пятно достигнет водозабора КАЭС при концентрации загрязнения ($4,5 \cdot 10^{-9}$) ед./ м³. Далее, если не возрастут расходы сработки водохранилища, произойдет перекачивание загрязнения в Бабинскую Имандру.

В период летне-осенней межени и при штиле (рисунок 7.3.2.6) ситуация сходна с предыдущей. Передвижение пятна загрязнения происходит в основном за счет циркуляционных расходов КолАЭС. Пятно загрязнения достигнет водозабора технического водоснабжения через 3 месяца, при концентрации загрязнения ($5,3 \cdot 10^{-9}$) ед./м³.

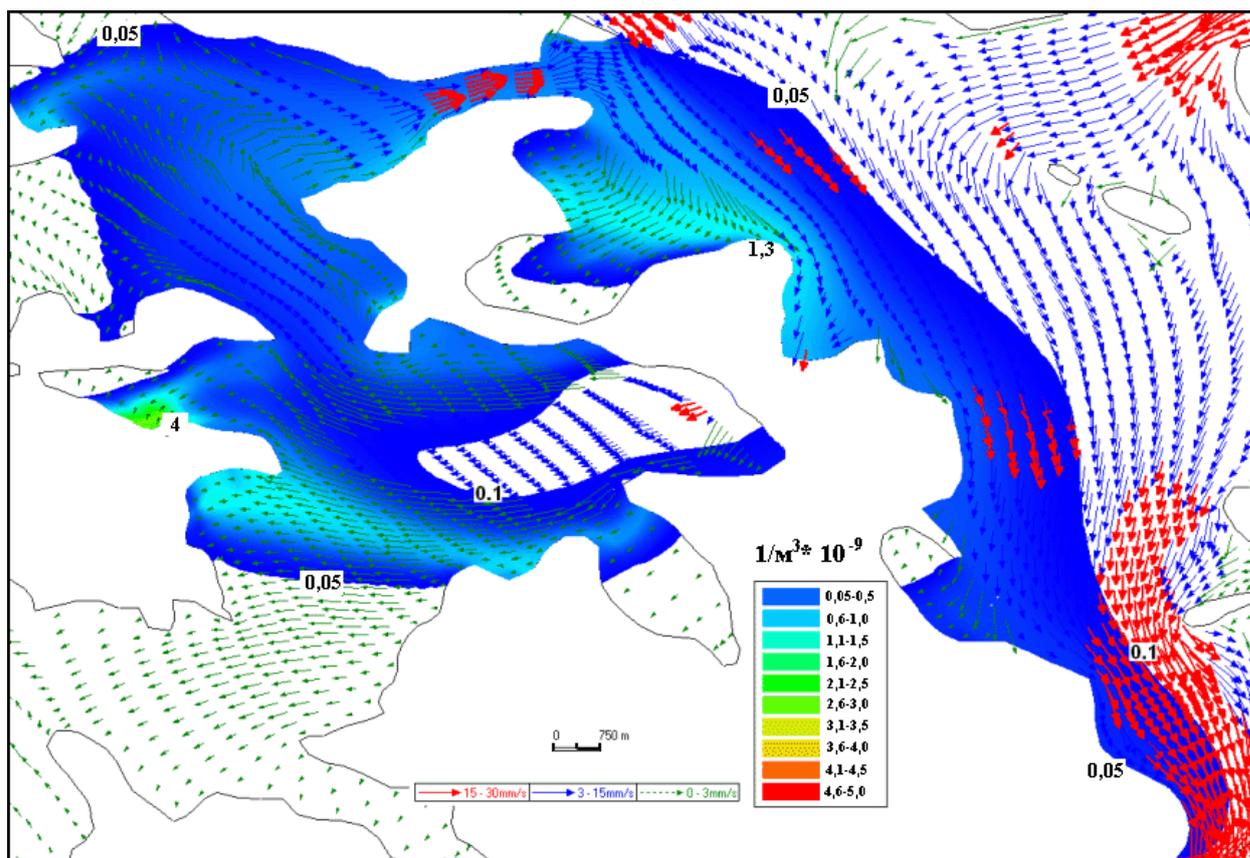


Рисунок 7.3.2.4 – Распределение загрязнения в срединном слое, в период весеннего половодья через два месяца и 19 суток после сброса

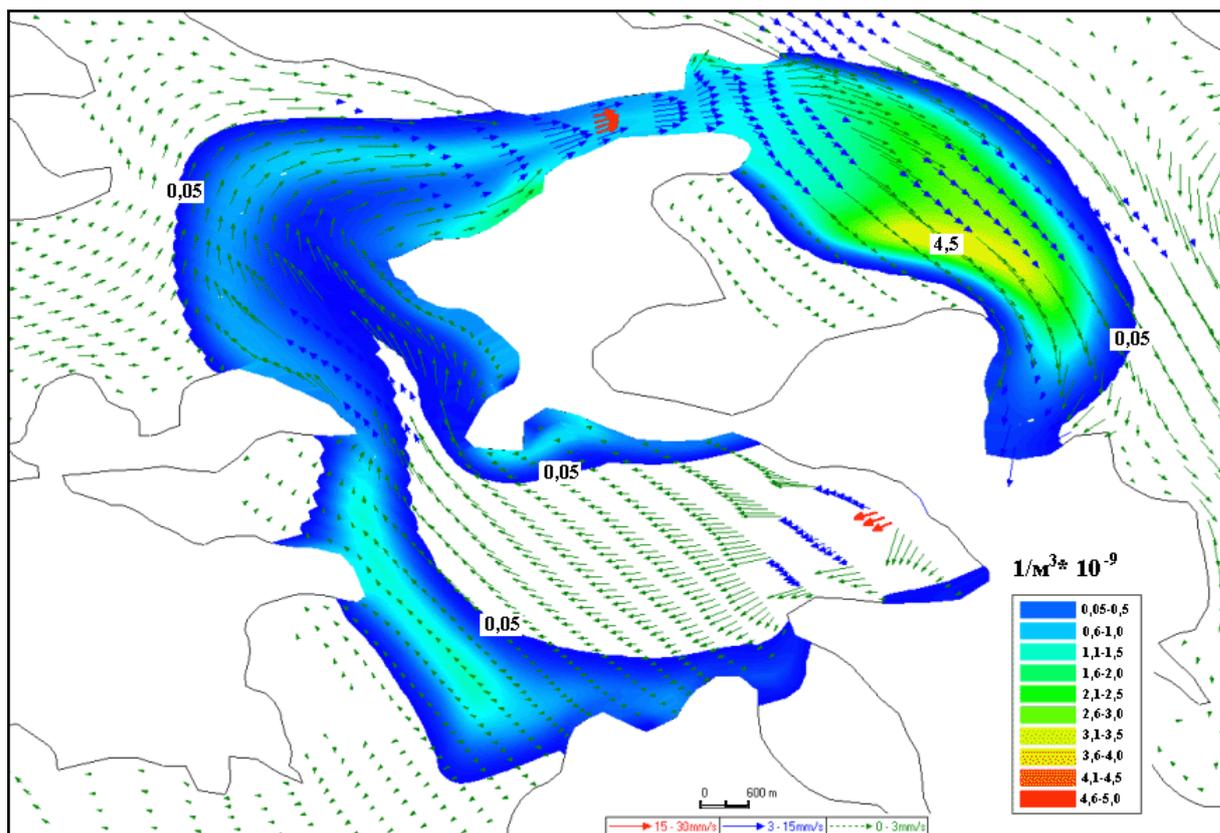


Рисунок 7.3.2.5 – Распределение загрязнения в срединном слое, при средних гидрометеорологических условиях через три месяца после сброса

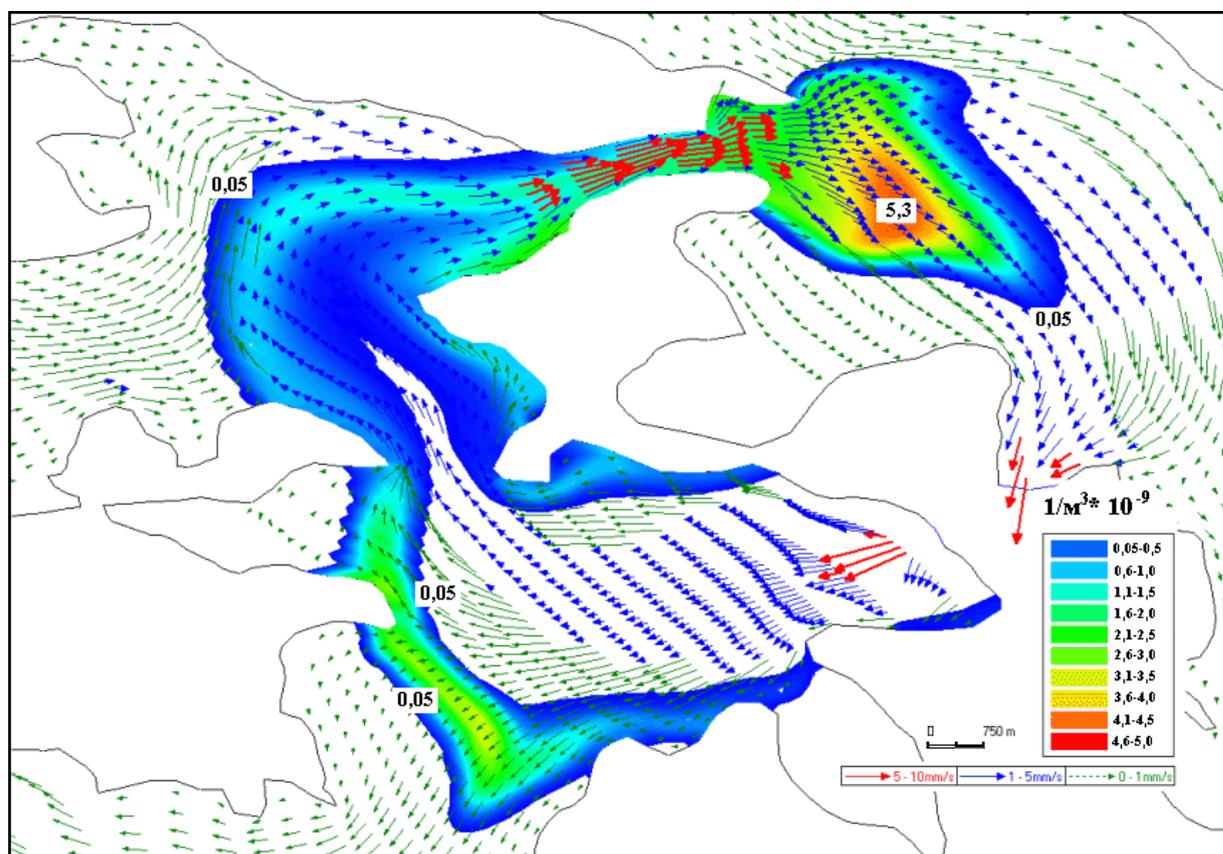


Рисунок 7.3.2.6 – Распределение загрязнения в срединном слое, в период летне-осенней межени через 3 месяца после сброса

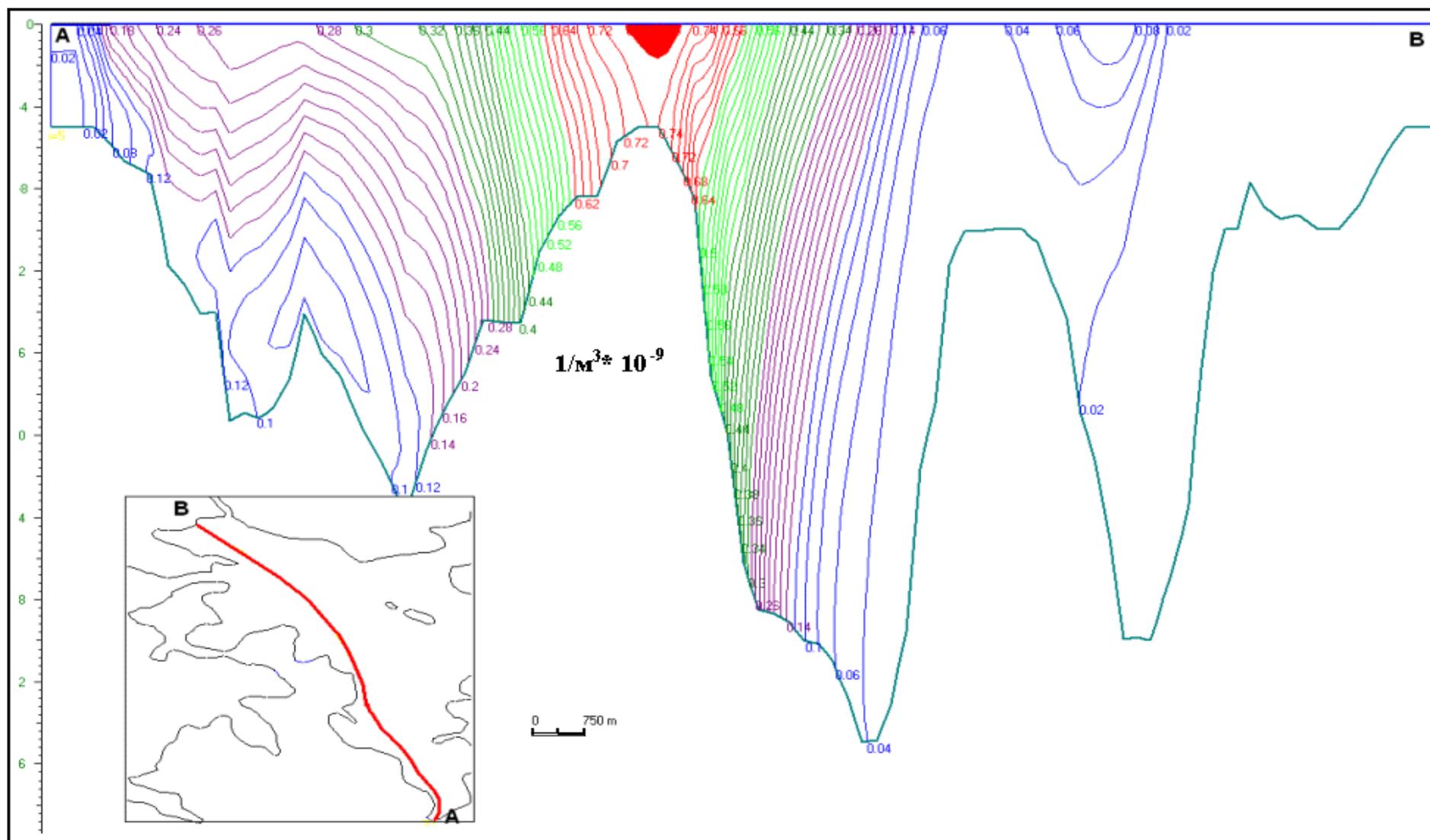


Рисунок 7.3.2.7 – Распределение загрязнения по глубине на профиле р. Нива – р. Пиренга в период весеннего половодья через 2 месяца и 19 суток после сброса (загрязнение достигло истока р. Нива)

7.3.3 Прогноз радиационного загрязнения Имандровского водохранилища в результате осаждения кратковременных аварийных выбросов

При аварийных выбросах поступление радионуклидов в поверхностные воды, происходит за счет их осаждения на водную поверхность. Плотность аэрозольных выпадений из аварийного факела тесно связана с атмосферными процессами в момент аварии.

Расчет максимальной плотности осаждения аэрозолей от кратковременных (1 час) аварийных выбросов выполнен специалистами АО «Атомпроект» по данным многолетних наблюдений на метеостанции Зашеек и автоматической станции и АМС-1, с помощью гауссовской модели переноса примесей в приземном слое атмосферы, на основе модели МПА-98 [112]. Модель доработана для учета особенностей атмосферного переноса над водной поверхностью и конечной продолжительности выбросов

Расчеты выполнены для наиболее опасного распространения выброса – в сторону Зашеечной губы.(направление - пос. Африканда, азимут 98°).

Губа Зашеечная находится в южной части Йокостровской Имандры и является источником хоз-питьевого водоснабжения поселков Африканда, Зашеек и г. Полярные Зори.

Результаты расчета максимальной плотности выпадения аэрозолей на акваторию Зашеечной губы от часового аварийного выброса из вентиляционной трубы приведены в таблице 7.3.3.1.

Таблица 7.3.3.1 - Расчетные значения максимальной плотности выпадения аэрозолей в сторону губы Зашеечная (азимут распространения аэрозольного выброса - 98°)

L, км	0,5	1,5	2,5	3,0	4,0	5,0	7,5	12,0	15,0
¹³⁷ Cs, 1/м ²	0,356 *10 ⁻⁶	0,315 *10 ⁻⁶	0,257 *10 ⁻⁶	0,227 *10 ⁻⁶	0,176 *10 ⁻⁶	0,136 *10 ⁻⁶	0,778 *10 ⁻⁷	0,448 *10 ⁻⁷	0,288 *10 ⁻⁷
ЗН,* 1/м ²	0,223 *10 ⁻⁷	0,198 *10 ⁻⁶	0,168 *10 ⁻⁶	0,153 *10 ⁻⁶	0,126 *10 ⁻⁶	0,104 *10 ⁻⁶	0,527 *10 ⁻⁷	0,349 *10 ⁻⁷	0,230 *10 ⁻⁷

*ЗН – имеется ввиду аэрозоль тритиевой воды.

В процессе осаждения атмосферных аэрозолей на водную поверхность происходит их адвекция течениями, диффузия, адсорбция на взвешенных частицах и последующее оседание вместе с ними на дно, т.е. переход от плотности выпадения на водную поверхность к их объемному разбавлению (концентрации) в воде.

Расчеты разбавления атмосферных выпадений выполнены методом математического моделирования с помощью программной системы CARDINAL, при ветре скоростью 2.5 м/с, направлением 278° (по направлению переноса) и работе ГЭС Нива-1 в нормальном режиме. Результаты расчетов в виде графической интерпретации представлены на рисунках 7.3.3.1 – 7.3.3.3.

Максимальных значений начальная концентрация загрязнения поверхностного слоя достигает в начале следа на западном берегу Зашеечной губы – 1.78 ед/(м³*10⁶) для ¹³⁷Cs и 1.12 ед/(м³*10⁶) для ЗН. Для акватории размещения водозабора Африканда эта величина не превысит 0.45 ед./(м³*10⁶) для ¹³⁷Cs и 0.31 ед./(м³*10⁶) для ЗН (рисунок 7.3.3.1).

Через сутки максимальная концентрация загрязнения снизится: на поверхности до 0,07 ед./($\text{м}^3 \cdot 10^6$), в придонном слое до 0,02 ед./($\text{м}^3 \cdot 10^6$) для ^{137}Cs . Для акватории размещения водозабора Африканда эта величина составит 0,01 и 0.005 ед./($\text{м}^3 \cdot 10^6$) для ^{137}Cs соответственно (рисунок 7.3.3.2).

Через месяц (при условии работы ГЭС Нива-1 в нормальном режиме) пятно загрязнения сместится к истоку р.Нива, максимальная активность в нем упадет до 4,4, 4,7 ед./($\text{м}^3 \cdot 10^9$) в поверхностном и придонном слое соответственно (рисунки 7.3.3.4, 7.3.3.5).

На рисунке 7.3.3.3, слева, приведена вертикальная эпюра скорости в точке А.

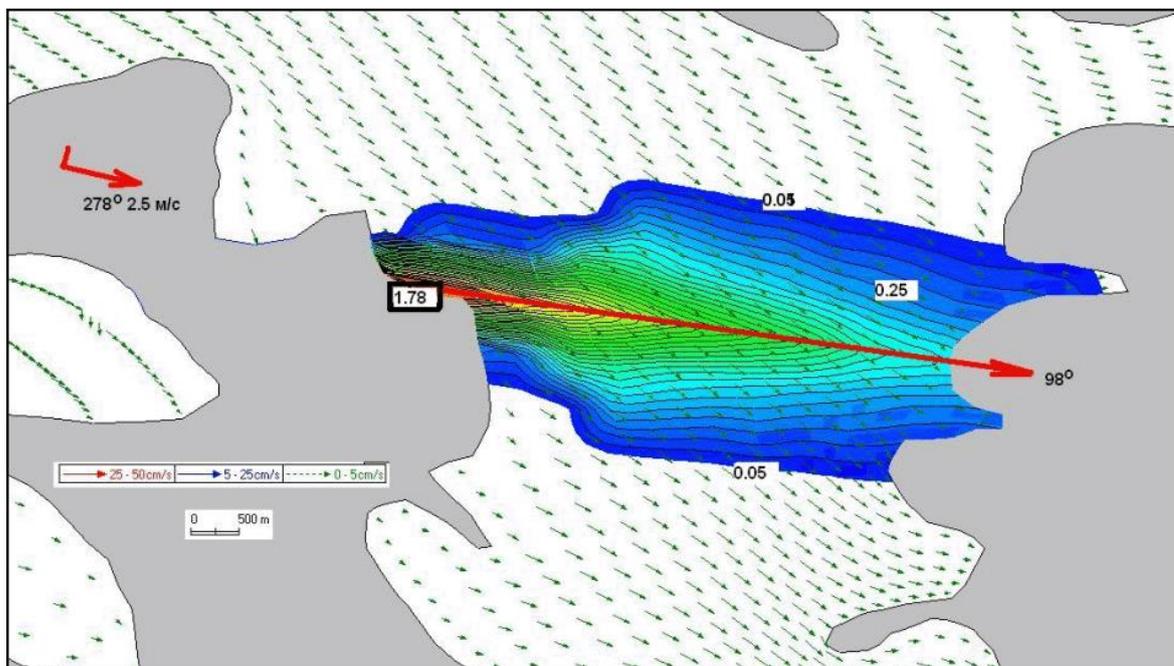


Рисунок 7.3.3.1– Начальные концентрации загрязнения (^{137}Cs ед./($\text{м}^3 \cdot 10^6$)) в поверхностном слое (0.2 м) водохранилища Имандра после выпадения радиоактивного пятна

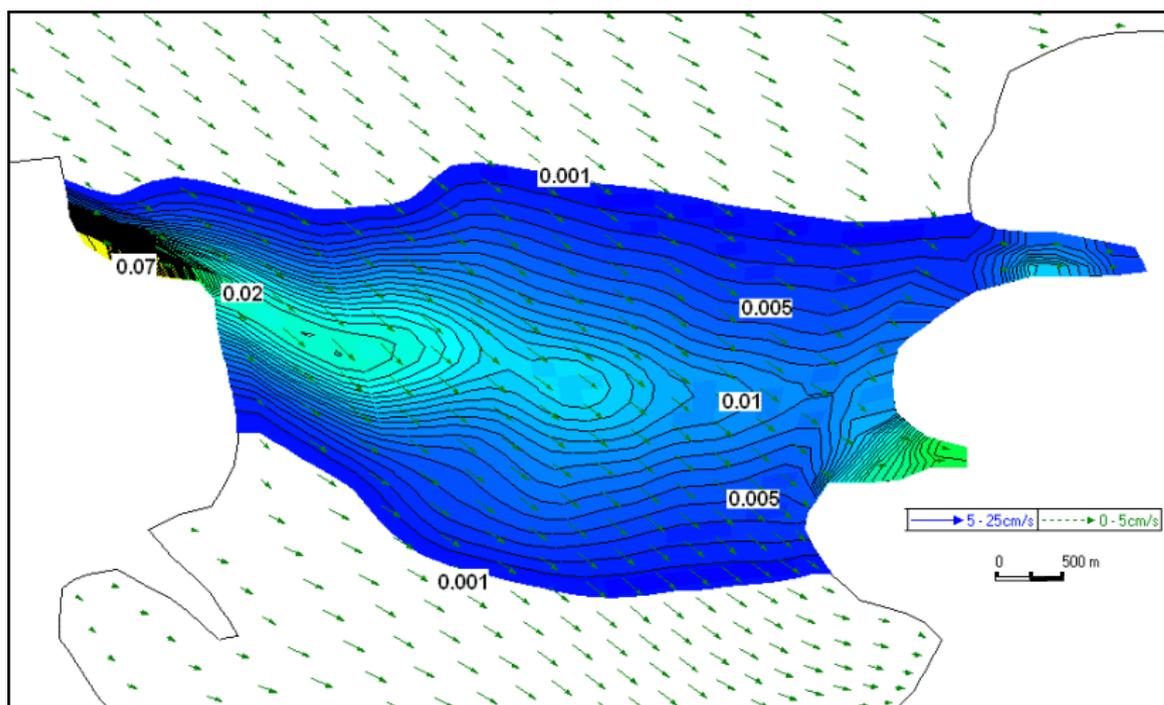


Рисунок 7.3.3.2- Концентрации загрязнения (^{137}Cs ед./($\text{м}^3 \cdot 10^6$)) в поверхностном слое губы Зашеечная через 1 сутки после аэрозольного выпадения

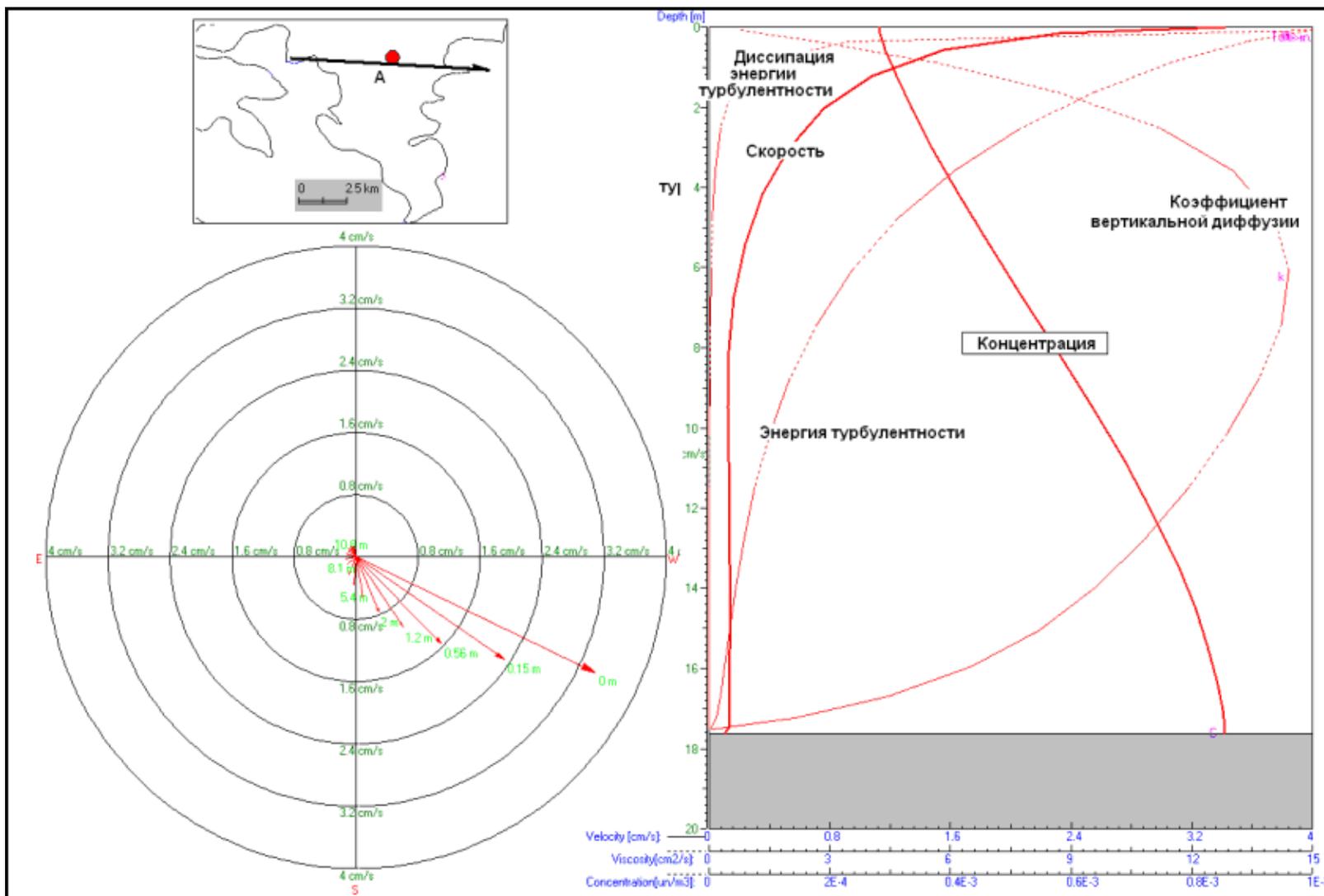


Рисунок 7.3.3.3 - Вертикальное распределение концентраций загрязнения (^{137}Cs ед/(м³*10⁶)) в точке А через 1 сутки после выпадения аэрозолей на акваторию губы Зашеечная (Скорость ветра 2.5 м/с, направление 278°)

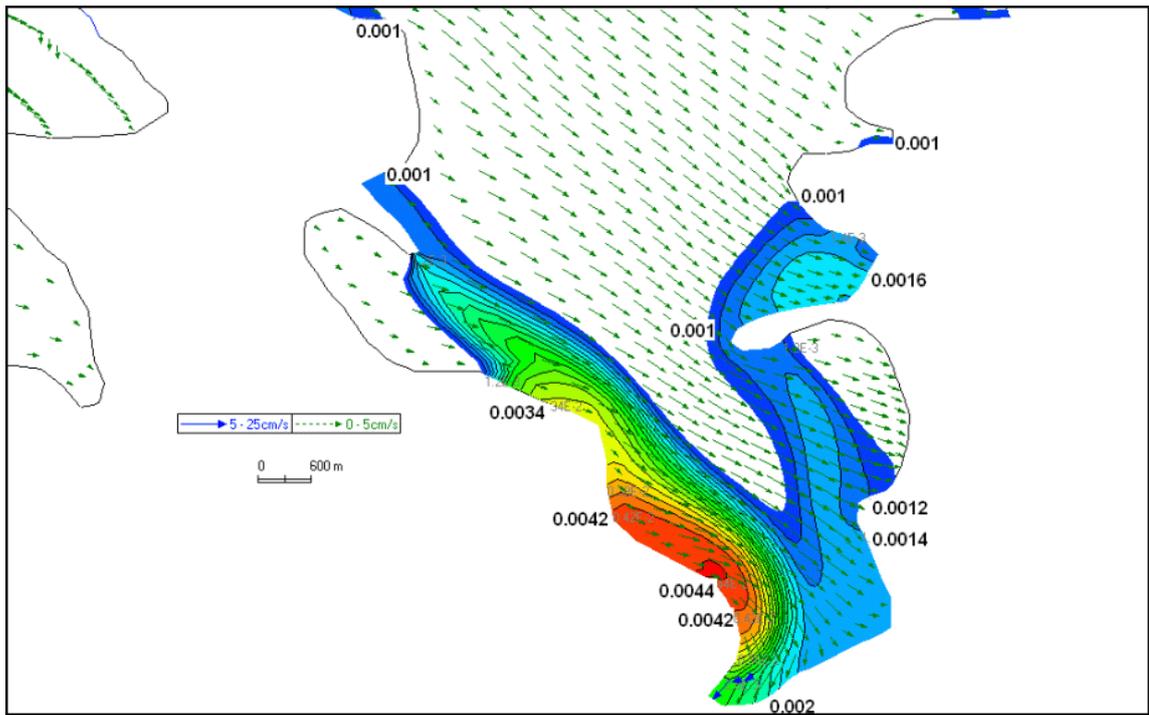


Рисунок 7.3.3.4- Концентрации загрязнения (^{137}Cs ед/ $(\text{м}^3 \cdot 10^6)$) в поверхностном слое губы Зашеечной через месяц после выпадения выброса.

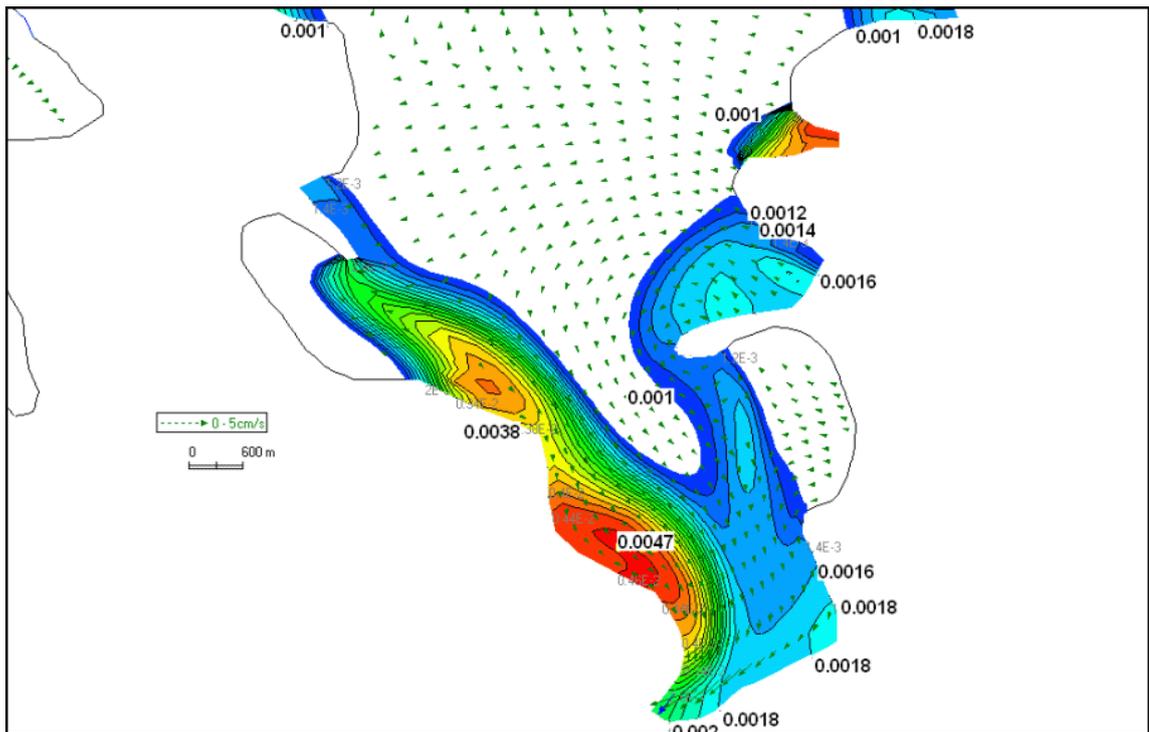


Рисунок 7.3.3.5 - Концентрации загрязнения (^{137}Cs ед/ $(\text{м}^3 \cdot 10^6)$) в придонном слое губы Зашеечной через месяц после выпадения выпадения выброса.

Таким образом, прогностические расчеты миграции радионуклидов в водохранилище Имандра показали, что через месяц после часового аварийного выброса из вентиляционной трубы губа Зашеечная практически очистится от загрязненных вод, но в результате адсорбции радионуклидов на взвешенных частицах и из осадения их на дно донные отложения в глубоководной части останутся загрязненными еще некоторое время.

7.5 Прогнозируемая оценка дозовых нагрузок на население и окружающую среду при эксплуатации КПЖРО

Среднегодовые значения эффективной дозы облучения населения от газоаerosольных выбросов и сбросов Кольской АЭС за последние 5 лет (Раздел 6.7) не превышали 3,5 мкЗв/год, что более чем в 250 раз меньше основного предела доз для населения (1 мЗв/год), установленных в НРБ-99/2009.

Результаты расчетов прогнозируемых уровней газоаerosольных выбросов и жидких сбросов при эксплуатации КПЖРО, представленные в разделе 7.1, показали, что с учетом многолетнего опыта эксплуатации уровень выбросов с энергоблоков 1-ой очереди не превысит 5% ДВ, а величина сброса будет на несколько порядков ниже допустимых сбросов (ДС), утвержденных для Кольской АЭС, и практически не изменит индекса сброса.

Дозовые нагрузки на население при эксплуатации КПЖРО с ХОРО по самой консервативной модели расчета доз не изменятся, и составят, с учетом эффективной дозы облучения населения за 2019 год, не более 4 мкЗв, что значительно ниже минимально значимой дозы (10 мкЗв), установленной в [75].

Анализ дозовых нагрузок на местные биоценозы при нормальной эксплуатации носит формальный характер, поскольку уровни загрязнения природных сред техногенными радионуклидами (воздуха и почвы) очень низки.

Эксплуатация КПЖРО с ХОРО не приведет к значимому изменению радиационной обстановки в районе расположения атомной станции по сравнению с естественным радиационным фоном. Состоятельность такого прогноза может быть обоснована многолетними фактическими данными по поступлению радиоактивных веществ с энергоблоков КАЭС в окружающую среду, значение которых намного меньше допустимых регламентных величин.

7.5 Шумовое и электромагнитное воздействие

С целью снижения влияния производственных факторов на персонал, обеспечение безопасных условий труда, предупреждение профессиональных заболеваний и несчастных случаев на Кольской АЭС осуществляется систематический инструментальный контроль за уровнями неблагоприятных физических факторов на рабочих местах персонала.

Электромагнитное излучение и шум фиксируются в пределах допустимых значений только в помещениях, где расположено соответствующее оборудование. За пределами зданий и территории промплощадки эти факторы отсутствуют и не влияют на окружающую среду.

При проектировании технологического оборудования, создающего в процессе его эксплуатации шум, предусмотрены мероприятия, снижающие уровень шума до допустимых пределов, установленных санитарными нормами.

В целях снижения уровня шума от оборудования применяется звукоизолирующая облицовка оборудования, устройство звукоизолирующих кожухов и экранов, шумоглушителей. Основную функциональную роль этой защиты несет тепловая изоляция. При разработке проектов выхлопных устройств от предохранительных клапанов прорабатывались специальные устройства для снижения уровня шума.

Оборудование с повышенным уровнем шума размещается в отдельных помещениях с усиленной звукоизоляцией (например, вентагрегаты).

Для обслуживания работающего дизель-генератора (при необходимости) предусмотрены средства индивидуальной защиты персонала от шума.

При заполнении свободных объемов производственных корпусов помещениями обслуживания производства (административно-лабораторными, бытовыми и т.д.) они размещаются в зонах, не подверженных воздействию вибрации от работы оборудования, шума и запыления, или обеспечена конструктивная защита от указанных воздействий.

Предусмотренное проектом оборудование является малозумным, высокоэффективным, стойким к внешним воздействиям, обеспечивает простоту технического обслуживания, имеет длительный срок эксплуатации и сертификаты на право пользования в России.

Для борьбы с шумом и вибрацией предусмотрено:

- инженерное оборудование (насосное оборудование, вентсистемы и др.) размещается в отдельных изолированных помещениях зданий. Применяемые ограждающие конструкции обеспечат нормативный уровень звука на территории жилых районов;

- вентагрегаты, приточные установки устанавливаются на виброизолирующие основания или подвешиваются к потолку с использованием antivибрационных резиновых прокладок;

- воздуховоды присоединяются к вентиляторам через гибкие вставки;

- ограждающие конструкции венткамер приняты из расчета необходимой их звукоизолирующей способности;

- число оборотов вентиляторов и скорости воздуха в воздуховодах приняты с учетом допустимого уровня звукового давления;

- насосы устанавливаются на виброизолирующие основания, предусмотренные для насосов данного типа;

- для снижения передачи структурного шума следует: в системах трубопровода, соединенных с насосами, а также в местах прохождения трубопроводов через ограждающие конструкции здания предусмотреть мягкие прокладки, отделяющие эти трубопроводы от указанных конструкций;

- устанавливать оборудование на виброопоры в соответствии с установочными чертежами завода-изготовителя.

Максимальный уровень шума в здании КПЖРО Кольской АЭС не превышает 90 дБ, в здании ХОРО 70 дБ.

При консервативной оценке звукового давления на границе промплощадки Кольской АЭС уровень шума не превысит нормативов, установленных для жилых помещений, больниц, санаториев, спальных помещений детских дошкольных учреждений и школ-интернатов согласно [84] и [84].

Электромагнитное воздействие на окружающую среду деятельности по эксплуатации КПЖРО отсутствует.

7.6 Оценка воздействия на окружающую среду РАО и отходов производства и потребления

7.6.1 Воздействие на окружающую среду обращения с РАО

7.6.1.1 Основные источники образования радиоактивных отходов

Основными источниками образования радиоактивных веществ на станции являются продукты деления урана-235 при нейтронном облучении топлива активной зоны, активация нейтронами конструкционных материалов, примесей теплоносителя первого контура и воздуха в приреакторном пространстве.

Ограничение распространения радиоактивных газов и аэрозолей по станции и выхода их в окружающую среду обеспечивается за счет последовательной реализации принципа глубоко эшелонированной защиты, основанной на применении системы барьеров. Ограничивающими барьерами являются: топливная матрица; оболочка ТВЭЛов; контур первичного теплоносителя; герметичная оболочка, ограждающая контур первичного теплоносителя.

При эксплуатации Кольской АЭС, при проведении планово-предупредительных ремонтов образуются жидкие и твёрдые радиоактивные отходы (РАО). Газообразные РАО в соответствии с НП-021-15 [101] на КАЭС не образуются.

Жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) являются: концентрат солей (кубовый остаток), шламы и пульпы отработавших фильтрующих материалов, образующиеся в процессе переработки трапных вод и эксплуатации установок СВО. В соответствии с современными требованиями в проекте предусмотрены технологии и технические решения, обеспечивающие минимизацию объёмов образующихся ЖРО. Отходы относятся к низко- и среднеактивным отходам в соответствии с классификацией ОСПОРБ-99/2010.

Твёрдыми РАО являются: отработавшее технологическое оборудование и фильтры системы вентиляции, инструмент, спецодежда, а также отверждённые жидкие радиоактивные отходы. В проекте предусмотрены технологии и технические средства, обеспечивающие переработку, безопасное хранение и транспортировку твёрдых РАО. Образующиеся ТРО за исключением внутриреакторных (категория высокоактивных отходов) относятся к очень низко-, низко- и среднеактивным отходам в соответствии с классификацией ОСПОРБ-99/2010.

При нормальной работе АЭС основными источниками загрязнения воздуха помещений АЭС радиоактивными веществами являются неорганизованные протечки теплоносителя первого контура и других активных сред через неплотности элементов оборудования.

Собственником радиоактивных отходов (РАО), образующихся в результате деятельности Кольской АЭС является эксплуатирующая организация – АО «Концерн Росэнергоатом». Общие сведения о РАО Кольской АЭС представлены в таблице 7.6.1.1.

Таблица 7.6.1.1 Общие сведения о радиоактивных отходах Кольской АЭС

Тип РАО	Вид РАО	Категория РАО ¹⁾	Способы переработки РАО ²⁾	Опасные свойства отходов	Виды работ в рамках лицензируемого вида деятельности по обращению с РАО ³⁾	Ориентировочные объемы РАО, т/год
Мусор	твердые	ОНРАО	Прс	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	15
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,1
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,9
	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,03
Обтирочный материал	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	4
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,08
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,72
	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,02
Макулатура	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	0,05
Тряпки половые	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	2
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,02
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,18
СИЗ	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	10,6
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,02
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,18
СИЗ (дополнительные)	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	0,8
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,01
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,04
Спецодежда	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	0,05
СИЗ (спецобувь)	твердые	ОНРАО	СЖГ	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	0,1
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,05
РТИ	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	1
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,01
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,04
Древесные отходы	твердые	ОНРАО	Сжг	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	4
Строительные отходы	твердые	ОНРАО	Прс	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	20
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,2
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	1,3

Тип РАО	Вид РАО	Категория РАО ¹⁾	Способы переработки РАО ²⁾	Опасные свойства отходов	Виды работ в рамках лицензируемого вида деятельности по обращению с РАО ³⁾	Ориентировочные объемы РАО, т/год
				излучение		
Теплоизоляция	твердые	ОНРАО	Прс	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	16
Стружка металлическая	твердые	ОНРАО	Прс	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	1
Металл нержавеющей	твердые	ОНРАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	4
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,1
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,9
	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,05
Металл цветной	твердые	ОНРАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	8,5
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,03
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,27
	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,05
Металл углеродистый	твердые	ОНРАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	40
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,05
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,45
Пластикат	твердые	ОНРАО	Изм	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	5
Отработанные ИОС	твердые	ОНРАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	8
Сульфоуголь	твердые	ОНРАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	1,5
Зола	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,1
Шлам	твердые	ОНРАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,6
	твердые	НАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,05
	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,45
	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,02
Термопара	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,05
	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,01
Камера ионизационная	твердые	САО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,02
	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,01
Каналы ЭВ	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0,03
Поглощающие надставки	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0
Кассет-экраны	твердые	ВАО	НеПер	ионизирующее излучение	С + Х	0

Тип РАО	Вид РАО	Категория РАО ¹⁾	Способы переработки РАО ²⁾	Опасные свойства отходов	Виды работ в рамках лицензируемого вида деятельности по обращению с РАО ³⁾	Ориентировочные объемы РАО, т/год
Наконечник АРК	твердые	ВАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Х	0
Промштанга	твердые	ВАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Х	0
Пленка полиэтиленовая	твердые	ОНРАО	Прс	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	3
	твердые	НАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,01
	твердые	САО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,05
Фильтрующие материалы	твердые	ОНРАО	Прс	ионизирующее излучение	С + П + Т + Х	0,4
	твердые	НАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,01
	твердые	САО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,04
Отработанные сорбенты неорганические (ФК с ионоселективным сорбентом)	твердые	САО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	1,1
	твердые	ВАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0,2
Шламы, пульпы отработавших ИОС, включенные в цементную матрицу и затаренные в НЗК	твердые	ОНРАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0
	твердые	НАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0
	твердые	САО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	0
Плав солевой	твердые	ОНРАО	HeПер	ионизирующее излучение	С + Т + Х	300
Кубовый остаток	жидкие	САО	МемСрб	ионизирующее излучение	С + Х + П	1500
Шлам	жидкие	САО	МемСрб	ионизирующее излучение	С + Х + П	-
Пульпы отработанных ИОС	жидкие	САО	МемСрб	ионизирующее излучение	С + Х + П	-

¹⁾ ОНРАО – очень низкоактивные отходы, НАО – низкоактивные отходы, САО – среднеактивные отходы, ВАО – высокоактивные отходы;

²⁾ Прс – прессование, Изм – измельчение, Сжг – сжигание, МемСрб – мембранно-сорбционная переработка, HeПер – не перерабатываемые отходы

³⁾ С – сбор, П – переработка, Т – транспортирование, Х – хранение.

7.6.1.2 Системы обращения с жидкими радиоактивными отходами

Жидкие отходы относятся к радиоактивным и подлежат учету, если удельная активность радионуклидов в них превышает соответствующие значения минимально значимой удельной активности в РАО, указанные в постановлении Правительства РФ от 19 октября 2012 года №1069.

Сбор жидких радиоактивных отходов (ЖРО) является обязательным этапом подготовки их к переработке, хранению и кондиционированию и обеспечивает исключение поступления радионуклидов в окружающую среду выше пределов, установленных санитарными правилами, нормами и гигиеническими нормативами, Федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии, путем сосредоточения ЖРО в специальных емкостях, выполненных из нержавеющей стали.

Переработка накопленных и образующихся жидких радиоактивных отходов (ЖРО) Кольской АЭС осуществляется на комплексе по переработке ЖРО (КП ЖРО).

Технологии, реализованные в составе комплекса, заключаются в:

- изъятии ЖРО (кубового остатка) из емкостей хранения, очистки растворов от радионуклидов методами озонирования, фильтрации, ионоселективной очистки и концентрирования очищенных растворов с получением конечного отвержденного солевого продукта – не радиоактивного солевого плава;
- изъятии из емкостей высоко и низкоактивных сорбентов отработанных ионообменных смол систем спецводоочистки и шламов с последующим цементированием.

Указанный комплекс включает в себя 5 основных технологических систем:

- система извлечения растворов кубового остатка из емкостей хранилища ЖРО;
- система очистки растворов кубового остатка от радионуклидов;
- система концентрирования очищенных растворов;
- система цементирования отработанных сорбентов и шлама, и вспомогательные системы.

Для хранения отвержденных радиоактивных отходов в составе комплекса предусмотрены:

- хранилище КПЖРО;
- хранилище отвержденных радиоактивных отходов (ХОРО), а также соответствующая транспортная схема с применением специального транспортно-технологического оборудования.

Описание обращения с отвержденными радиоактивными отходами в КПЖРО приведено в «Окончательном отчете по обоснованию безопасности КПЖРО с ХОРО Кольской АЭС» № КЛ.1_4-0-0-ОООБ-001.

Сбор ЖРО производится в последовательности, обеспечивающей минимально возможное облучение работников (персонала).

Последовательность операций по сбору ЖРО установлена и обосновывается в проекте следующим образом:

- при проведении очистки трапных вод в выпарном аппарате образуется кубовый остаток, который по трубопроводам поступает в монжюс кубового остатка, а затем по

трубопроводам передавливается сжатым воздухом в одну из емкостей кубового остатка хранилища ЖРО;

- отработанные фильтрующие материалы фильтров установок СВО-1, СВО-2, СВО-4, СВО-6 в режиме гидровыгрузки фильтров поступают в емкость высокоактивных сорбентов хранилища ЖРО;

- отработанные фильтрующие материалы 2 очереди из фильтров установок СВО-3, СВО-5 в режиме гидровыгрузки фильтров, поступают в емкость низкоактивных сорбентов хранилища ЖРО;

- образующийся в процессе эксплуатации шлам по трубопроводам спецканализации поступает в отстойник трапных вод хранилища ЖРО.

Временное хранение жидких радиоактивных отходов осуществляется в емкостях хранилищ ЖРО с системой барьеров, предотвращающей поступление радионуклидов в окружающую среду.

Конструкция и конструкционные материалы хранилища жидких радиоактивных отходов предотвращают выход радионуклидов в окружающую среду и обеспечивают срок службы хранилища ЖРО не менее срока эксплуатации ядерной установки, радиационного источника и пункта хранения, на котором оно размещено.

Помещения, предназначенные для размещения емкостей для хранения ЖРО, имеют не менее чем трехслойную гидроизоляцию и облицовку из нержавеющей стали. Объем облицованного помещения вмещает все количество ЖРО, находящееся в емкостях.

Оценка состояния системы временного хранения ЖРО

Оценка технического состояния и ресурсных характеристик элементов системы временного хранения жидких радиоактивных отходов энергоблоков II очереди Кольской АЭС (ХЖО-2) выполнена в рамках комплексного обследования энергоблока 3 Кольской АЭС.

На основании результатов оценки технического состояния и ресурсных характеристик элементов системы ХЖО-2 сделаны следующие выводы:

- фактические технические (технологические) параметры, режимы и условия эксплуатации системы ХЖО-2 соответствуют установленным в ПКД и ЭД;

- техническое состояние элементов указанной системы работоспособное

- ресурс оборудования системы ХЖО-2 поддерживается и восстанавливается в рамках действующей на Кольской АЭС системы ТОиР при плановом проведении текущих и капитальных ремонтов, в том числе и путем замены отдельных элементов оборудования, при этом обеспечивается надежность работы системы в целом;

- техническое состояние и действующая на Кольской АЭС система управления ресурсом позволяет допустить оборудование систем ХЖО-2 к эксплуатации в период дополнительного срока эксплуатации энергоблоков 3 и 4 Кольской АЭС.

На основании результатов оценки технического состояния, ресурсных характеристик и сейсмозащищенности элементов системы ХЖО, выполненных в рамках комплексного обследования и с привлечением сторонних организаций срок службы оборудования и трубопроводов системы ХЖО устанавливается в 58 лет, и указанное оборудование допускается к дальнейшей эксплуатации на срок равный 28 годам (до 2039 года включительно).

7.7.1.3 Системы обращения с твердыми радиоактивными отходами

Согласно «Инструкции по обращению с твердыми радиоактивными отходами на Кольской АЭС» № 0-10-03ИП, сбор и предварительная сортировка по категориям активности отходов в ЗКД производится непосредственно на местах их образования (в местах производства работ).

В зависимости от категории и типа, отходы отдельно собираются в полиэтиленовые или бумажные мешки и вручную транспортируются к местам временного хранения и сортировки (кроме высокоактивных) бригадой, производящей работы, при которых данные отходы образовались.

Для сбора отходов в виде СИЗ по территории ЗКД расставлены контейнеры-сборники. Сбор отходов из этих контейнеров-сборников и их транспортировку к местам временного хранения и сортировки осуществляет персонал подрядной организации.

Местом приемки отходов в ЗКД 2 очереди (местом временного хранения и сортировки отходов в ЗКД) является помещение ОС-302 расположенное на территории хранилища сухих отходов второй очереди (ХСО-2).

При больших объемах образовавшихся ТРО, отходы укладываются в специальные бадьи для ТРО и транспортируются спецавтомобилем к местам временного хранения и сортировки.

Поступившие отходы сортируются переработчиками РАО:

- по категориям (нерадиоактивные, ОНАО, ОНРАО, НАО, САО);
- по физико-химическим свойствам материалов (на металлические и неметаллические);
- по принятому способу переработки или хранения (сжигаемые, измельчаемые, прессуемые и неперерабатываемые).

Нерадиоактивные отходы собираются в полиэтиленовые или крафт-мешки и, по мере их накопления, вывозятся на полигон промышленных отходов. Очень низкоактивные отходы (ОНАО) упаковываются в металлические бочки и вывозятся в клетях в хранилище отвержденных радиоактивных отходов (ХОРО) на временное хранение до постройки специализированного полигона. Очень низкоактивные радиоактивные отходы (ОНРАО) вывозятся в ХССО, для чего заполненный бочками с ТРО специальный контейнер (клеть) или бочки без клетки загружаются в кузов спецавтомобиля. Низко-, средне- и высокоактивные отходы (НАО, САО и ВАО) в местах временного хранения не складываются, а размещаются на хранение сразу после их образования. Партии НАО и САО загружаются в контейнеры (полиэтиленовые или крафт-мешки) и с помощью кран-балки размещаются в соответствующих отсеках ХСО-2.

Хранение высокоактивных ТРО в зависимости от их функционального назначения осуществляется в могильнике центрального зала II очереди (МЦЗ-2) и могильниках ионизационных камер 3 и 4 блоков.

На комплексе переработки ЖРО осуществляется хранение отработавших фильтров – контейнеров (ФК) с ионоселективным сорбентом. ФК размещаются в хранилище КПЖРО.

Транспортно – технологические операции с ФК проводятся с применением специального захвата и крана управляемого с пола.

Для размещения на хранение невозвратных защитных контейнеров (НЗК) с цементным компаундом и защитных контейнеров (ЗК) с высокоактивными ТРО предусмотрено ХОРО. Транспортно – технологические операции в ХОРО проводятся с применением:

- для НЗК – специального захвата и крана с дистанционным управлением;
- для ЗК – специального такелажного комплекта включающего железнодорожную платформу транспортировки контейнеров в ХОРО.

Характеристики работ с ИИИ в ХОРО включены в санитарно-эпидемиологическое заключение № 51.ФУ.01.000.М.000011.12.19 от 19.12.2019 г. Характеристики работ с ИИИ на КПЖРО включены в санитарно-эпидемиологическое заключение № 51.ФУ.01.000.М.000005.05.20 от 29.05.2020 г. Характеристики работ с ИИИ на КПЖРО включены в санитарно-эпидемиологическое заключение № 51.ФУ.01.000.М.000005.05.20 от 29.05.2020 г.

Транспортировка ТРО на Кольской АЭС

Транспортировка ТРО на Кольской АЭС осуществляется в соответствии с разработанными и согласованными в установленном порядке маршрутами транспортирования отходов:

Схемы маршрутов транспортно-технологических потоков сбора, транспортировки и сортировки отходов ЗКД, а также маршруты транспортирования РАО в ХОРО и по промплощадке Кольской АЭС приведены в приложении к «Инструкции по обращению с твердыми радиоактивными отходами на Кольской АЭС»

7.6.1.4 Системы обращения с газообразными радиоактивными отходами

К газообразным радиоактивным отходам (ГРО) относятся не подлежащие дальнейшему использованию газообразные среды, содержащие тритий и (или) ^{14}C , радионуклиды в виде аэрозолей и (или) инертных радиоактивных газов и (или) молекулярного йода, в количествах, превышающих предельные значения объемной активности, установленные нормативными правовыми актами [84].

К газообразным средам, образующимся на Кольской АЭС в процессе эксплуатации относятся технологические газовые сдувки из оборудования и баков, содержащих теплоноситель первого контура, газовые сдувки баков вспомогательных систем, а также воздух систем вентиляции зоны контролируемого доступа.

Для удаления радиоактивных инертных газов (Xe, Ar, Kr и др.), аэрозолей и изотопов йода из газообразных сдувок технологического оборудования перед сбросом их в атмосферу на КАЭС функционирует система спецгазоочистки (СГО).

Принцип работы системы СГО основан на уменьшении активности газовой смеси за счет естественного радиоактивного распада ИРГ и радиоактивного йода в результате увеличения времени прохождения радиоактивных газов в сорбенте фильтров – адсорберов и йодном фильтре.

Предельные значения объемной активности газообразных сред, образующиеся на Кольской АЭС, не превышают нормативов, установленных правовыми актами, в связи с чем, они не относятся к газообразным РАО [85].

7.6.1.5 Способы и методы переработки РАО

Основными способами переработки РАО на комплексе переработки ЖРО являются:

- очистка от радионуклидов растворов солей, извлечённых из емкостей кубового остатка хранилищ жидких радиоактивных отходов;
- глубокое упаривание очищенных от радионуклидов растворов с получением солевого плава (промышленных отходов, содержащих техногенные радионуклиды);
- расфасовка солевого плава в металлические бочки;
- концентрирование активности на ионоселективном сорбенте в фильтре - контейнере, конструкция которого обеспечивает длительное хранение сорбента в хранилище КПЖРО;
- переработка фильтрационного шлама установки очистки от радионуклидов, а также шламов трапных вод на установке цементирования с получением цементного компаунда, затариваемого в невозвратные защитные контейнеры.

Технологические операции по изменению агрегатного состояния, и (или) сокращению объема, и (или) физико-химических свойств радиоактивных отходов

На Кольской АЭС с целью сокращения объема поступающих на хранение твердых радиоактивных отходов применяется три способа переработки:

- прессование;
- измельчение;
- сжигание.

Переработка путем прессования позволяет сократить объем ТРО подлежащих прессованию в среднем в 4 раза. Прессование производится на установке прессования. Данная установка позволяет запрессовывать отходы в стандартные металлические бочки объемом 200 литров.

Переработка путем измельчения позволяет сократить объем ТРО подлежащих измельчению в среднем в 3 раза. Измельчению подлежат полимерные и древесные отходы. Измельчение производится на установке измельчения. Измельченные ТРО размещаются в металлические бочки объемом 200 литров.

Переработка путем сжигания позволяет сокращать объем и вес ТРО подлежащих сжиганию в среднем в 200 раз. Сжигание производится на установке сжигания ТРО, которая оснащена системой спецгазоочистки. Образовавшаяся после сжигания зола выгружается и хранится в металлических бочках объемом 200 литров.

Основными технологическими операциями по изменению агрегатного состояния, и (или) физико-химических свойств РАО и (или) сокращению их объема, осуществляемые на комплексе переработки ЖРО с целью получения минимально возможного количества отверждённых отходов, отвечающих требованиям окончательного захоронения, являются:

- растворение и извлечение солей, накопленных в баках кубового остатка в хранилищах жидких радиоактивных отходов АЭС;
- фильтрация шламов полученных в результате разрушения органических комплексных соединений в процессе очистки ЖРО (узел озонирования системы А5);
- ионоселективная очистка ЖРО в ФК с ионоселективным сорбентом с последующим хранением ФК в хранилище КПЖРО;

- переработка фильтрационного шлама установки очистки от радионуклидов, а также шламов трапных вод на установке цементировании с получением цементного компаунда, затариваемого в невозвратные защитные контейнеры.

Технологии и технологические циклы по переработке радиоактивных отходов

Основными технологическими стадиями переработки РАО на комплексе переработки ЖРО являются:

- озонирование (окисление) раствора ЖРО, с целью разрушения устойчивых органических комплексов радиоактивного кобальта и перевод его в шламовую составляющую кубовых остатков;
- двухступенчатая фильтрация (очистка) раствора ЖРО от шлама, содержащего осажденный радиоактивный кобальт;
- очистка раствора ЖРО от радионуклидов цезия методом селективной сорбции;
- сбор и концентрирование фильтрационных шламов, образующихся после фильтрации раствора ЖРО;
- цементирование фильтрационных шламов с затариванием цементного компаунда в невозвратные защитные контейнеры.

Система кондиционирования радиоактивных отходов

Основными системами кондиционирования РАО на комплексе переработки ЖРО являются:

- система концентрирования КПЖРО (установка А2), на которой осуществляется глубокое упаривание очищенных от радионуклидов растворов с получением солевого плава (промышленных отходов, содержащих техногенные радионуклиды) и расфасовка солевого плава в металлические бочки;
- система очистки ЖРО от радионуклидов (система А5) КПЖРО, в которой осуществляется отделение радиоактивных нуклидов и их концентрирование;
- система цементирование (система А3), на которой производится цементирование фильтрационного шлама и отработанных ИОС в невозвратные защитные контейнеры.

Характеристика хранилищ радиоактивных отходов

Хранение ТРО на Кольской АЭС осуществляется в следующих хранилищах:

- хранилище сухих слабоактивных отходов (ХССО);
- хранилище сухих отходов второй очереди (ХСО-2);
- могильник центрального зала второй очереди (МЦЗ-2);
- могильник ионизационных камер 3 блока (МИК-3);
- могильник ионизационных камер 4 блока (МИК-4);
- хранилище отвержденных радиоактивных отходов (ХОРО);
- хранилище КП ЖРО.

Краткое описание хранилищ и их схемы приведены в [86]. На все хранилища, в которых на Кольской АЭС осуществляется хранение ТРО есть санитарно-эпидемиологическое заключение.

Наличие утвержденной в установленном порядке проектной документации на строительство (реконструкцию, расширение, сооружение) хранилищ РАО

Все хранилища, кроме хранилища сухих слабоактивных отходов (ХССО), хранилища КП ЖРО и хранилища отвержденных радиоактивных отходов (ХОРО) были построены в составе проектов на энергоблоки Кольской АЭС.

Строительство ХССО осуществлено по проекту з.л. 2030003/1.

Строительство хранилища КП ЖРО осуществлялось по проектам ОАО «СПбАЭП» КЛ.0М1-00-01П, КЛ.0М1-00-02П.

Строительство ХОРО осуществлялось по проекту ОАО «СПбАЭП» КЛ.0М1-71-01П.

Кольской АЭС выдана Лицензия Федеральной Службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № ГН-03-205-2500 от 25.03.2011г., дающая право на эксплуатацию радиационного источника (КПЖРО с ХОРО Кольской АЭС).

Меры по изоляции радиоактивных отходов

Для предотвращения распространения радиоактивного загрязнения в ходе хранения ТРО все хранилища Кольской АЭС имеют гидроизоляцию и изолированы от окружающей среды. С установленной периодичностью из скважин, расположенных в непосредственной близости от хранилищ, отбираются пробы грунтовых вод на наличие радионуклидов. Вблизи и на территории хранилищ проводится регулярный контроль радиационного фона.

7.6.2 Воздействие на окружающую среду отходов производства и потребления

7.6.2 Воздействие на окружающую среду отходов производства и потребления

Образование отходов производства и потребления, не связано с основным производством Кольской АЭС. Отходы образуются в период проведения ремонтных работ, работ по реконструкции, при ежедневной уборке помещений и рабочих мест, в результате жизнедеятельности и делопроизводства персонала.

Обращение с отходами производства и потребления осуществляется в соответствии с «Регламентом по организации деятельности в области обращения с отходами производства и потребления на Кольской АЭС» № 0-06-93ИП [142].

На Кольской АЭС имеются паспорта на все виды отходов I-IV класса опасности, образующихся на станции.

Фактическое количество отходов производства и потребления, образовавшихся на Кольской АЭС в 2019 году, по классам опасности, представлено в таблице 7.6.2.1.

Сведения о фактическом количестве образованных отходов, о количестве отходов на начало и конец отчетного 2019 года представлены в форме статистической отчетности 2-тп (отходы) «Сведения об образовании, обработке, утилизации обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления» (Приложение Б).

Таблица 7.6.2.1. Обращение с отходами производства и потребления

Класс опасных (нерадиоактивных) отходов согласно Федерального классификационного каталога отходов	Фактическое количество в 2019 году, тонн				
	размещено на собственном объекте на начало года	передано другим предприятиям	образовано	наличие на конец года	
				Хранение (накопление)	захоронение
I класс опасности	0,0	2,9282	2,9282	0,0	0,0
II класс опасности	0,0	0,099	0,099	0,0	0,0
III класс опасности	0,0	0,0	11,506	0,0	11,506
IV класс опасности	0,0	0,02	176,74	0,0	176,72
V класс опасности	5,54	1380	1497,36	71,44	51,46

Всего	5,54	1383,047	1688,6332	71,44	239,686
--------------	-------------	-----------------	------------------	--------------	----------------

Количество образующихся отходов производства и потребления (по данным за последние 5 лет) постепенно уменьшается (рисунок 7.7.2.1). Эта величина ежегодно меняется и зависит от объемов ремонтных кампаний. Исключением является 2019 год из-за выполнения работ по демонтажу заброшенного объекта «Пусковой комплекс отопительной котельной. Здание котельной с ЭЭТУ», что повлекло за собой значительный вклад (1000 тонн) в увеличение объемов образования отходов производства и потребления. Выполненные работы превышений нормативов образования отходов в 2019 году не повлекли.

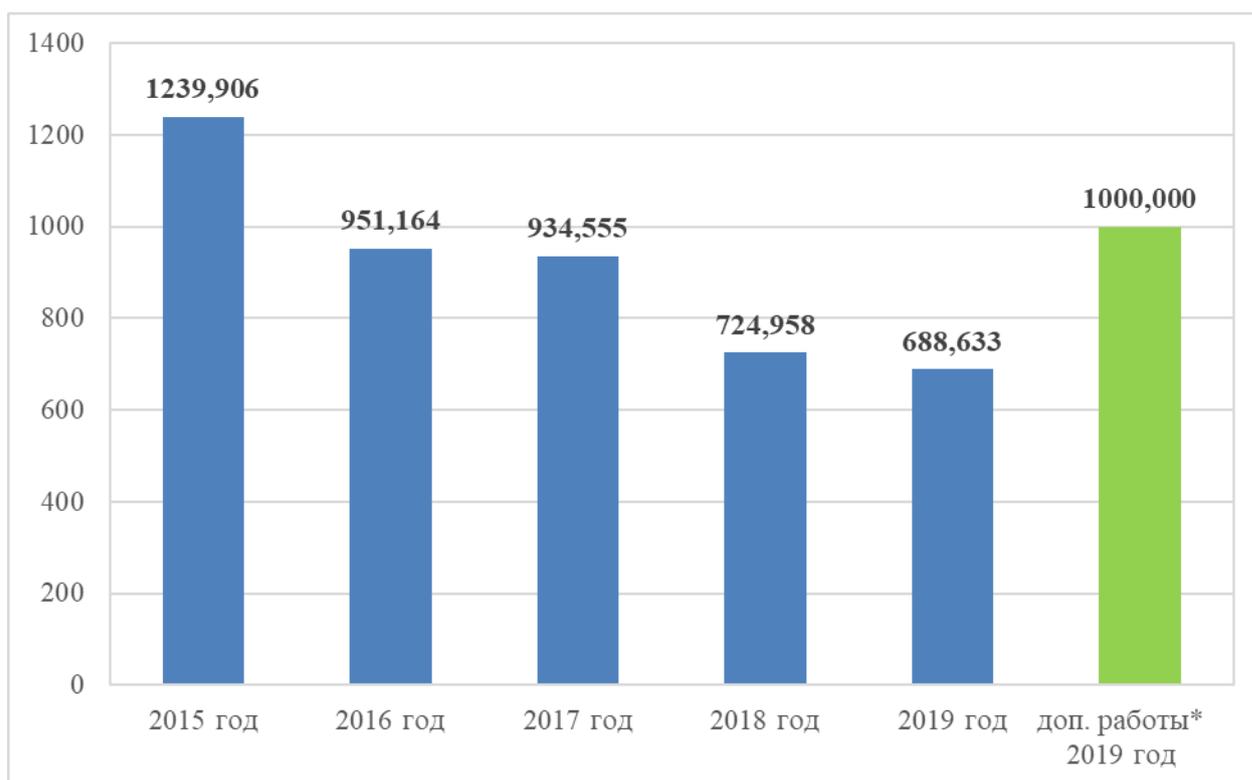


Рисунок 7.6.2.1 Динамика образования отходов производства и потребления, тонн/год

На Кольской АЭС имеется полигон для размещения путем захоронения промышленных отходов 4 и 5 класса опасности, включенных в лицензию на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I - IV классов опасности № 077149 от 17.09.2018. Приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 25.09.2014 № 592 «О включении объектов размещения отходов в государственный реестр объектов размещения отходов» полигон включен в государственный реестр объектов размещения отходов за № 51-00041-3-00592-250914.

Полигон расположен на земельном участке площадью 2,5 га в районе карьера "Узкая Салма" в соответствии с распоряжением Совета Министров РСФСР № 5160-р от 15.05.87г. Полигон удовлетворяет требованиям санитарного и природоохранного законодательства. В его составе предусмотрены 2 карты для хранения промышленных отходов.

На территории полигона находится персонал, поддерживающий полигон и прилегающую территории в надлежащем порядке. Инженерами по охране окружающей среды (экологами) проводится регулярный осмотр полигона на соответствие требованиям природоохранного законодательства.

Персонал, осуществляющий лицензируемые в области обращения с отходами виды деятельности обучен по программе «Право работы с отходами I-IV класса опасности».

Отходы производства и потребления, не включенные в лицензию на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I - IV классов опасности № 077149 от 17.09.2018 передаются специализированным организациям для утилизации, обезвреживания и размещения.

Контроль состояния почвы, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод в районе расположения полигона промышленных отходов и на границе СЗЗ полигона в 2019 году осуществляли аналитические лаборатории, аккредитованные в национальной системе аккредитации (лаборатория Кольской АЭС, ФГБУЗ ЦГиЭ №118 ФМБА России, ЦЛАТИ по Мурманской области) в соответствии с «Программой производственного экологического контроля полигона промышленных отходов Кольской АЭС» № 73-19/ОРБ.

Результаты анализа производственного экологического контроля полигона промышленных отходов Кольской АЭС за 2019 год представлены в табл. 7.6.2.2.-7.6.2.5.

Таблица 7.6.2.2. Результаты анализа природных вод района размещения полигона промышленных отходов Кольской АЭС за 2019 год

Определяемые показатели, ед.изм.	Йокостровская Имандра в районе береговой линии, ниже полигона		Пролив Широкая Салма, выше полигона		ПДК рхв
	I полугодие	II полугодие	I полугодие	II полугодие	
1	2	3	4	5	6
рН, ед.рН	7,40 ± 0,2	7,42 ± 0,20	7,41 ± 0,20	7,40 ± 0,20	6,5 –8,5
Аммоний-ион, мг/дм ³	0,067±0,024	0,071 ± 0,025	0,082 ±0,03	0,081 ± 0,029	0,50
АПАВ, мг/дм ³	<0,01	0,011 ± 0,004	<0,01	0,011 ± 0,004	0,5
БПК ₅ , мг/дм ³	0,54 ± 0,14	0,51±0,13	<0,5	0,53 ± 0,14	>2,1
Железо общее, мг/дм ³	0,028 ± 0,008	0,027 ± 0,008	0,096 ± 0,014	0,029 ± 0,008	0,1
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,006 ± 0,003	0,010 ± 0,004	0,008 ± 0,004	0,010 ± 0,004	0,05
Нитрат-ион, мг/дм ³	0,181 ± 0,027	0,127 ± 0,019	0,188 ± 0,028	0,120 ± 0,018	40,0
Нитрит-ион, мг/дм ³	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,08
Растворенный кислород, мг/дм ³	12,81 ± 1,28	9,29 ± 0,93	12,45 ± 1,25	9,32 ± 0,93	< 4
Сульфат- ион, мг/дм ³	13,08 ± 1,31	13,54± 1,35	13,44 ± 1,34	12,78 ± 1,28	100,0
Сухой остаток, мг/дм ³	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	1000,0
Хлорид-ион, мг/дм ³	3,30 ± 0,33	3,8 ± 0,38	3,52 ± 0,35	3,90 ± 0,39	300,0

ХПК, мг/дм ³	8,57 ± 2,57	11,75 ± 2,82	10,71 ± 2,57	11,55 ± 2,77	>15,0
Фенолы общие, мг/дм ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,001
Ртуть, мг/дм ³	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	0,00001
Алюминий, мг/дм ³	0,02 ± 0,004	0,027 ± 0,005	0,026 ± 0,005	0,029 ± 0,006	0,04
Кремний, мг/дм ³	1,34 ± 0,11	1,22 ± 0,11	2,13 ± 0,15	1,10 ± 0,10	-
Кадмий, мг/дм ³	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,005
Свинец, мг/дм ³	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,006
Марганец, мкг/дм ³	0,0024 ± 0,0005	0,00151 ± 0,00038	0,0018 ± 0,0004	0,00135 ± 0,00036	0,01
Фториды, мг/дм ³	0,216 ± 0,032	0,154 ± 0,023	0,116 ± 0,017	0,177 ± 0,027	0,05
Медь, мг/дм ³	0,0020 ± 0,0006	0,0028 ± 0,0007	0,0014 ± 0,0005	0,0016 ± 0,0005	0,001
Никель, мг/дм ³	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01
Хром (VI), мг/дм ³	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,02
Барий, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,74
Стирол, мг/дм ³	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1
Формальдегид, мг/дм ³	0,041 ± 0,007	0,037 ± 0,007	0,048 ± 0,008	< 0,025	0,05
Запах при 20 ⁰ , баллы	0	0	0	0	> 2
Запах при 60 ⁰ , баллы	1	1	1	1	> 2
Общие колиформные бактерии, КОЕ в 100 мл	НВЧ менее 5	НВЧ менее 5	НВЧ менее 5	НВЧ менее 5	Не более 500
Термоталерантные колиформные бактерии, КОЕ в 100 мл	НВЧ менее 5	НВЧ менее 5	НВЧ менее 5	НВЧ менее 5	Не более 100
Колифаги, БОЕ в 100 мл	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не более 10
Патогенная флора, в том числе Salmonella в 1000 мл	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Отсутствие
Яйца гельминтов	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Отсутствие
Цисты лямблий	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Отсутствие

Таблица 7.6.2.3. Результаты анализа грунтовых вод района размещения полигона промышленных отходов Кольской АЭС за 2019 год

Определяемые показатели, ед. изм.	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Скважина № 501										
рН, ед.рН	-	7,49 ±	7,55 ±	-	-	7,06 ±	-	-	7,32±0,	-

		0,20	0,20			0,20			20	
Аммоний-ион, мг/дм ³	<0,05	-	-	0,069±0,025	0,134±0,048	0,072 ±0,026	0,076±0,027	0,076±0,026	0,056±0,020	0,092±0,033
АПАВ, мг/дм ³	-	0,017 ±0,007	0,011 ±0,004	-	-	<0,01	-	-	<0,01	-
БПК полн., мгО ₂ /дм ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
БПК-5, мгО ₂ /дм ³	-	<0,05	0,52 ±0,14	-	-	0,77 ±0,20	-	-	<0,05	-
Железо общее, мг/дм ³	-	0,036 ±0,008	0,031 ±0,008	-	-	<0,02	-	-	0,047±0,008	-
Мутность, мг/дм ³	1,40 ±0,28	-	-	2,82±0,56	1,40±0,28	2,68 ±0,54	3,72±0,74	1,54±0,31	2,25±0,45	1,17±0,24
Нефтепродукты, мг/дм ³	-	0,110 ±0,038	0,010 ±0,005	-	-	0,101 ±0,035	-	-	0,082±0,029	-
Нитрат-ион, мг/дм ³	-	0,166 ±0,025	0,132 ±0,020	-	-	<0,01	-	-	<0,01	-
Нитрит-ион, мг/дм ³	-	<0,02	<0,02	-	-	<0,02	-	-	<0,02	-
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	2,50 ±0,25	3,368 ±0,337	2,34 ±0,234	3,58 ±0,36	3,38 ±0,34	3,10±0,31	2,96±0,3	2,43 ±0,24	2,28±0,28	3,06±0,31
Сульфат-ион, мг/дм ³	-	31,07 ±3,11	34,36±3,44	-	-	1,43±0,14	-	-	38,71±3,87	-
Сухой остаток, мг/дм ³	-	236,47 ±21,28	222,51±20,03	-	-	358,00±32,22	-	-	352,50±31,73	-
Хлорид-ион, мг/дм ³	-	7,29 ±0,73	7,21±0,72	-	-	0,96±0,14	-	-	9,82±0,98	-
ХПК, мг/дм ³	-	13,21 ±3,17	12,32±2,96	-	-	15,37±3,69	-	-	17,19±4,13	-
Фенолы общие, мг/дм ³	-	0,019 ±0,006	-	0,020 ±0,006	-	-	0,029 ±0,009	-	-	0,022 ±0,007
Ртуть, мкг/дм ³	-	< 0,01	-	< 0,01	-	-	< 0,01	-	-	< 0,01
Алюминий, мкг/дм ³	-	> 6,0	-	13,4 ±2,9	-	-	12,0 ±2,6	-	-	26,0 ±5,0
Кремний, мг/дм ³	-	5,54 ±0,3	-	6,01±0,32	-	-	5,69 ±0,31	-	-	5,93 ±0,32
Кадмий, мкг/дм ³	-	< 0,10	-	<0,1	-	-	<0,1	-	-	<0,1
Свинец, мкг/дм ³	-	< 2,0	-	< 2,0	-	-	< 2,0	-	-	< 2,0
Марганец, мкг/дм ³	-	>300,0	-	>300,0	-	-	>300,0	-	-	>300,0
Фторид-ион, мг/дм ³	-	< 0,1	-	< 0,1	-	-	0,114 ±0,017	-	-	< 0,1
Медь, мкг/дм ³	-	1,7 ± 0,5	-	2,3 ± 0,6	-	-	2,0 ± 0,6	-	-	1,8 ± 0,5
Никель, мкг/дм ³	-	5,5 ± 2,7	-	< 5,0	-	-	5,6 ± 2,7	-	-	< 5,0
Хром, мкг/дм ³	-	< 0,1	-	< 0,1	-	-	< 1,0	-	-	3,9 ± 1,3
Барий, мг/дм ³	-	< 0,1	-	< 0,1	-	-	< 0,1	-	-	< 0,1
Бензол, мг/дм ³	-	< 0,001	-	< 0,001	-	-	< 0,001	-	-	< 0,001
Стирол, мкг/дм ³	-	< 5,0	-	< 5,0	-	-	< 5,0	-	-	< 5,0
Формальдегид, мг/дм ³	-	0,187 ±0,024	-	0,145 ±0,019	-	-	0,037 ±0,007	-	-	0,030 ±0,006
Запах при 200, баллы	-	1	4	4	2	3	2	1	-	-

Запах при 600, баллы	-	2	3	3	3	1	2	2	-	-
Общие колиформные бактерии, КОЕ в 100 мл	-	-	не обнаружены	-	-	НВЧ менее 5	-	-	-	-
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ в 100мл	-	-	не обнаружены	-	-	НВЧ менее 5	-	-	-	-
Колифаги, БОЕ в 100 мл	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Жизнеспособные яйца гельминтов	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Цисты лямблий	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Скважина № 502										
рН, ед.рН	-	7,85 ±0,20	7,14 ± 0,20	-	-	7,51±0,20	-	-	7,63±0,20	-
Аммоний-ион, мг/дм ³	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
АПВ, мг/дм ³	-	<0,01	<0,01	-	-	<0,01	-	-	<0,01	-
БПК-5, мгО ₂ /дм ³	-	<0,5	<0,5	-	-	0,81±0,21	-	-	0,75±0,20	-
Железо общее, мг/дм ³	-	0,033±0,008	0,034 ±0,008	-	-	<0,02	-	-	0,033±0,008	-
Мутность, мг/дм ³	2,39 ±0,48	-	2,501 ± 0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,59±0,32	<1,0
Нефтепродукты, мг/дм ³	-	0,029±0,010	0,025 ± 0,009	-	-	0,020±0,007	-	-	0,022±0,008	-
Нитрат-ион, мг/дм ³	-	0,502±0,075	<0,01	-	-	<0,01	-	-	0,289±0,043	-
Нитрит-ион, мг/дм ³	-	<0,02	<0,02	-	-	<0,02	-	-	<0,02	-
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	1,04 ±0,21	1,32 ± 0,264	1,56 ± 0,312	1,46±0,29	0,88 ± 0,18	0,88 ±0,18	1,06 ± 0,21	0,60±0,12	0,92±0,18	0,98 ± 0,20
Сульфат-ион, мг/дм ³	-	12,85±1,29	19,77 ± 1,98	-	-	39,43 ±3,94	-	-	15,98±1,60	-
Сухой остаток, мг/дм ³	-	79,53±15,11	78,01 ± 14,82	-	-	78,49 ±14,91	-	-	<50,0	-
Хлорид-ион, мг/дм ³	-	1,73±0,17	6,27 ± 0,63	-	-	9,54 ±0,95	-	-	1,76±0,18	-
ХПК, мг/дм ³	-	11,77±2,82	10,09 ± 2,42	-	-	12,09 ±2,90	-	-	7,81±2,34	-
Фенолы общие, мг/дм ³	-	0,0114 ± 0,0035	-	0,0108 ± 0,0033	-	-	0,0121 ± 0,0038	-	-	0,0116 ± 0,0036
Ртуть, мкг/дм ³	-	< 0,01	-	< 0,01	-	-	< 0,01	-	-	< 0,01
Алюминий, мкг/дм ³	-	8,9 ± 2,1	-	22,0 ± 4,0	-	-	19,1 ± 3,8	-	-	9,2 ± 2,2
Кремний, мг/дм ³	-	3,91 ± 0,23	-	3,95± 0,23	-	-	3,89 ± 0,23	-	-	3,74 ± 0,22
Кадмий, мкг/дм ³	-	< 0,10	-	< 0,1	-	-	< 0,1	-	-	< 0,1

Свинец, мкг/дм ³	-	< 2,0	-	< 2,0	-	-	< 2,0	-	-	< 2,0
Марганец, мкг/дм ³	-	4,4 ± 0,7	-	6,0 ± 0,9	-	-	2,0 ± 0,4	-	-	10,9 ± 1,5
Фторид-ион, мг/дм ³	-	< 0,1	-	< 0,1	-	-	< 0,1	-	-	< 0,1
Медь, мкг/дм ³	-	1,9 ± 0,6	-	2,5 ± 0,7	-	-	1,8 ± 0,5	-	-	1,1 ± 0,4
Никель, мкг/дм ³	-	< 5,0	-	< 5,0	-	-	< 5,0	-	-	< 5,0
Хром, мкг/дм ³	-	3,1 ± 1,1	-	6,3 ± 1,8	-	-	11,5 ± 2,9	-	-	3,0 ± 1,1
Барий, мг/дм ³	-	< 0,1	-	< 0,1	-	-	0,145 ± 0,036	-	-	< 0,1
Бензол, мг/дм ³	-	< 0,001	-	< 0,001	-	-	< 0,001	-	-	< 0,001
Стирол, мкг/дм ³	-	< 5,0	-	< 5,0	-	-	< 5,0	-	-	< 5,0
Формальдегид, мг/дм ³	-	0,027 ± 0,006	-	< 0,025	-	-	< 0,025	-	-	< 0,025
Запах при 200, баллы	-	0 баллов	0 баллов	0 баллов	0 баллов	0 баллов	2 балла	0 баллов	-	-
Запах при 600, баллы	-	0 баллов	0 баллов	0 баллов	0 баллов	0 баллов	3 балла плесенью	0 баллов	-	-
Общие колиформные бактерии, КОЕ в 100 мл	-	-	не обнаружены	-	-	НВЧ менее 5	-	-	-	-
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ в 100мл	-	-	не обнаружены	-	-	НВЧ менее 5	-	-	-	-
Колифаги, БОЕ в 100 мл	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Жизнеспособные яйца гельминтов	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Цисты лямблий	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Скважина № 505										
рН, ед. рН	-	7,46 ± 0,20	7,44±0,20	-	-	7,26±0,20	-	-	7,25±0,20	-
Аммоний-ион, мг/дм ³	<0,05	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
АПАВ, мг/дм ³	-	0,010±0,004	0,010±0,004	-	-	0,012±0,005	-	-	<0,01	-
Борная кислота, мг/дм ³	-	-	<0,001	-	-	-	-	-	<0,001	-
БПК полн., мгО ₂ /дм ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
БПК-5, мгО ₂ /дм ³	-	<0,5	<0,5	-	-	0,80±0,21	-	-	0,53±0,14	-
Железо общее, мг/дм ³	-	<0,02	<0,02	-	-	<0,02	-	-	<0,02	-
Жесткость,	-	-	0,83±0,0	-	-	-	-	-	0,75±0,	-

мг/дм ³			7						07	
Калий, мг/дм ³	-	-	6,67±1,01	-	-	-	-	-	-	-
Кальций, мг/дм ³	-	-	7,42±1,11	-	-	-	-	-	7,11±1,07	-
Магний, мг/дм ³	-	-	5,55±0,13	-	-	-	-	-	4,47±0,12	-
Мутность, мг/дм ³	<1,0	-	-	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,49±0,30	<1,0
Натрий, мг/дм ³	-	5,877 ± 0,881	2,63±0,39	-	-	-	-	-	-	-
Нефтепродукты, мг/дм ³	-	0,030 ± 0,011	0,020±0,007	-	-	0,052±0,018	-	-	0,058±0,020	-
Нитрат-ион, мг/дм ³	-	-	0,145±0,022	-	-	0,352±0,053	-	-	0,42±0,06	-
Нитрит-ион, мг/дм ³	-	<0,02	<0,02	-	-	<0,02	-	-	<0,02	-
Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	1,02±0,20	-	0,74 ± 0,15	1,04 ± 0,21	0,82 ± 0,16	1,3 ± 0,26	1,20±0,24	0,77 ± 0,15	1,02±0,20	1,12 ± 0,22
Сульфат-ион, мг/дм ³	-	-	23,54±2,35	-	-	-	-	-	13,70±1,37	-
Сухой остаток, мг/дм ³	-	65,48 ± 12,44	74,04±14,07	-	-	-	-	-	80,53±15,30	-
Хлорид-ион, мг/дм ³	-	-	1,36±0,14	-	-	-	-	-	1,36±0,14	-
ХПК, мг/дм ³	-	9,61 ± 2,88	9,90±2,97	-	-	-	-	-	6,25±1,88	-
Цветность, мг/дм ³	-	-	4,95±1,84	-	-	-	-	-	6,05±2,24	-
Щелочность, мг/дм ³	-	-	48,66±10,22	-	-	-	-	-	40,61±8,53	-
Фенолы общие, мг/дм ³	-	0,0042 ± 0,0018	-	0,0048 ± 0,0021	-	-	0,0086 ± 0,0038	-	-	0,0051 ± 0,0023
Ртуть, мкг/дм ³	-	< 0,01	-	< 0,01	-	-	< 0,01	-	-	< 0,01
Алюминий, мкг/дм ³	-	< 6,0	-	17,7 ± 3,6	-	-	14,6 ± 3,1	-	-	8,3 ± 2,0
Кремний, мг/дм ³	-	3,80 ± 0,22	-	3,81 ± 0,22	-	-	3,81 ± 0,22	-	-	3,76 ± 0,22
Кадмий, мкг/дм ³	-	< 0,10	-	< 0,1	-	-	< 0,1	-	-	< 0,1
Свинец, мкг/дм ³	-	< 2,0	-	< 2,0	-	-	< 2,0	-	-	< 2,0
Марганец, мкг/дм ³	-	2,8 ± 0,5	-	2,2 ± 0,5	-	-	2,0 ± 0,4	-	-	5,8 ± 0,9
Фторид-ион, мг/дм ³	-	< 0,1	-	0,107±0,016	-	-	0,111 ± 0,017	-	-	0,122 ± 0,018
Медь, мкг/дм ³	-	6,3 ± 1,4	-	1,2 ± 0,4	-	-	< 1,0	-	-	1,3 ± 0,4
Никель, мкг/дм ³	-	< 5,0	-	< 5,0	-	-	< 5,0	-	-	< 5,0
Хром, мкг/дм ³	-	1,9 ± 0,8	-	4,3 ± 1,3	-	-	11,1 ± 2,9	-	-	6,3 ± 1,8
Барий, мг/дм ³	-	< 0,1	-	< 0,1	-	-	< 0,1	-	-	< 0,1
Бензол, мг/дм ³	-	< 0,001	-	< 0,001	-	-	< 0,001	-	-	< 0,001
Стирол, мкг/дм ³	-	< 5,0	-	< 5,0	-	-	< 5,0	-	-	< 5,0

Формальдегид, мг/дм ³	-	< 0,025	-	< 0,025	-	-	< 0,025	-	-	< 0,025
Запах при 200, баллы	-	0	0	0	0	0	1	3	-	-
Запах при 600, баллы	-	3	0	0	0	0	3	4	-	-
Общие колиформные бактерии, КОЕ в 100 мл	-	-	не обнаружены	-	-	НВЧ менее 5	-	-	-	-
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ в 100мл	-	-	не обнаружены	-	-	НВЧ менее 5	-	-	-	-
Колифаги, БОЕ в 100 мл	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Жизнеспособные яйца гельминтов	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-
Цисты лямблий	-	-	не обнаружены	-	-	не обнаружены	-	-	-	-

Примечание: в связи с промерзанием скважин в зимний период времени отбор проб грунтовых вод в январе, декабре 2019 года не производился.

Таблица 7.6.2.4. Результаты анализа атмосферного воздуха в районе размещения полигона промышленных отходов Кольской АЭС и санитарно-защитной зоны за 2019 год

Определяемые показатели, ед.изм.	I квартал	II квартал	I квартал	II квартал	ПДК мр рз
1	2	3	4	5	6
Полигон промышленных отходов Кольской АЭС					
Сероводород, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	10
Трихлорметан, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	10
Четыреххлористый углерод, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	20
Хлорбензол, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	100
Толуол, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	150
Метан, мг/м ³	1,31 ± 0,30	1,31 ± 0,30	1,33 ± 0,31	1,43 ± 0,33	50 (ОБУВ)
Ксилол, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	150
Этилбензол, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	150
Серы диоксид, мг/м ³	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	10
Аммиак, мг/м ³	< 0,20	< 2,0	< 2,0	< 0,2	20
Углерода оксид, мг/м ³	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	20
Азота диоксид, мг/м ³	< 1,0	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2
Азота оксид, мг/м ³	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	-

Формальдегид, мг/м ³	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,5
Санитарно-защитная зона полигона промышленных отходов Кольской АЭС					
Сероводород, мг/м ³	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,008
Трихлорметан, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,1
Четыреххлористый углерод, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	4,0
Хлорбензол, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,1
Толуол, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	0,0025 ± 0,0006	0,0032 ± 0,0008	0,6
Метан, мг/м ³	1,38 ± 0,32	1,41 ± 0,32	1,35 ± 0,31	1,31 ± 0,30	50 (ОБУВ)
Ксилол, мг/м ³	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,2
Этилбензол, мг/м ³	< 0,0005	0,0014 ± 0,0004	< 0,0005	< 0,00050,0004	0,02
Серы диоксид, мг/м ³	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,5
Аммиак, мг/м ³	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,2
Углерода оксид, мг/м ³	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	5,0
Азота диоксид, мг/м ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2
Азота оксид, мг/м ³	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 0,12	0,4
Формальдегид, мг/м ³	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05

Таблица 7.6.2.5. Результаты анализа почвы в районе санитарно-защитной зоны полигона промышленных отходов Кольской АЭС и за 2019 год

Определяемые показатели, ед.изм.	2019 г
1	2
рН водный ¹ , ед. рН	6,71 ± 0,10
Органическое вещество ¹ , %	0,58 ± 0,12
Медь ¹ , мг/кг	15,0 ± 4,0
Свинец ¹ , мг/кг	4,7 ± 1,4
Кадмий ¹ , мг/кг	< 0,05
Цинк ¹ , мг/кг	21,0 ± 6,0
Никель ¹ , мг/кг	32,0 ± 10,0
Кобальт ¹ , мг/кг	5,1 ± 1,5
Хром ¹ , мг/кг	23,0 ± 7,0
Марганец ¹ , мг/кг	200 ± 60
Мышьяк ¹ , мг/кг	0,19 ± 0,06
Стронций ¹ , мг/кг	10,4 ± 3,1
Ртуть ¹ , мг/кг	< 0,005
Фторид-ионы ¹ , мг/кг	< 1,0
Нитрат-ионы ¹ , мг/кг	< 1,0
Нитрит-ионы ¹ , мг/кг	< 1,0
Нефтепродукты ¹ , мг/кг	8,0 ± 3,0

Бенз(а)пирен ¹ , мг/кг	< 0,005
Фенолы летучие ² , мг/кг	< 0,05
АПАВ ² , мг/кг	< 0,2
Железо ¹ , мг/кг	> 5000
Бикарбонат-ионы ¹ , мг/кг	< 0,1
Цианиды ¹ , мг/кг	< 0,5
Общие колиформные бактерии (ОКБ)	Индекс БГКП 1- 10 клеток / г почвы
Энтерококки	Индекс БГКП 1-10 клеток / г почвы
Патогенные бактерии в т.ч. сальмонеллы	Не обнаружены в 1 г почвы
Яйца гельминтов	Отсутствие
Цисты простейших	Отсутствие

¹ Приведены результаты измерений пробы в воздушно-сухом состоянии,

² Приведены результаты измерений пробы в абсолютно сухом состоянии (высушивание при 105^oC)

Результаты производственного экологического контроля на полигоне промышленных отходов Кольской АЭС не превышают допустимые величины в соответствующих санитарно-эпидемиологических норм и правил.

Выводы

Таким образом, данные по образованию отходов производства и потребления за последние 5 лет (рисунок 7.6.2.1), показывают отсутствие каких-либо зависимостей в динамике изменения количества отходов от эксплуатации комплекса по переработке ЖРО и хранилища отвержденных РО. Это позволяет сделать вывод о том, что эксплуатация комплекса по переработке ЖРО и хранилища отвержденных РО не приведет к образованию дополнительных количеств отходов производства и потребления, а также не повлияет на результаты производственного экологического контроля.

7.7 Описание возможных аварийных внештатных ситуаций на КПЖРО

Анализ радиационных последствий проектных аварий

В соответствии с п.5.25 СП АС-03 при проектных авариях в зданиях КПЖРО с ХОРО, обусловленных как отказами в системах важных для безопасности комплекса, так и внешними воздействиями, дозы облучения лиц из населения не должны превышать нижний уровень значений (уровень «А»), регламентированный в таблице 6.3 НРБ-99/2009. При этом не требуется введения защитных мер для населения в начальном периоде аварии за пределами санитарно-защитной зоны, границы которой максимально приближены к ограде промплощадки.

Аварии в КПЖРО и ХОРО, как показано ниже, не оказывают значимого радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду и не выходят за уровень ПО1 шкалы РФ [87] и «1» шкалы МАГАТЭ (аномалии) [88].

Аварийные выбросы

В настоящем разделе проанализированы последствия аварий в системах переработки ЖРО, рассмотренные в составе проекта (раздел 8 ПООБ), с точки зрения выхода радиоактивных веществ за предусмотренные для условий нормальной эксплуатации границы и возникшей в результате события радиационной обстановки на станции и за ее пределами.

Для исключения неконтролируемого распространения загрязнения по зданию КПЖРО и локализации радиоактивных веществ в пределах АЭС при разгерметизации оборудования с радиоактивными средами в проекте реализован ряд технических решений, подробное описание которых дано в соответствующих разделах данного проекта, а именно:

предусмотрены трапы спецканализации (нормально закрыты) или зумпфы, по повышению уровня воды в которых появляется сигнал на ЩСК, слив аварийной протечки происходит в систему спецканализации, и далее в систему спецводоочистки 1 очереди КолаЭС;

пол и стены помещений, в которых размещено оборудование с радиоактивными средами, облицованы нержавеющей сталью выше уровня разлива на 200 мм;

вытяжными системами вентиляции и установкой КИД'ов (нормально открыты) создается разрежение и организуется направленное движение воздуха только в сторону более «грязных» помещений;

ремонт оборудования производится персоналом после открытия дистанционно управляемого вентиля трапа, откачки радиоактивных сред в систему спецканализации и дезактивации оборудования/помещения;

выброс в атмосферу вытяжного воздуха из зоны контролируемого доступа производится через высотную вентиляционную трубу.

В послеаварийные мероприятия, связанные с локализацией радиоактивных веществ, вышедших при разуплотнении систем с радиоактивными средами, входят:

открытие дистанционно управляемого вентиля трапа и слив радиоактивных сред в систему спецканализации;

дезактивация помещений.

Для проверки приемочных критериев оценены выбросы и сбросы в окружающую среду и выполнены расчеты аварийных доз облучения [89-91]. Расчеты выполнялись по программе DOZA [92], реализующей методику СЭВ [93, 94] и позволяющей учесть прямые и косвенные пути воздействия возможного загрязнения окружающей среды на население. Основные результаты приведены ниже.

Аварии в системе очистки от радионуклидов (А5)

В качестве отказа элементов установки очистки от радионуклидов важных для безопасности, рассмотрены разуплотнения приемной емкости 0ТW70В01/2, емкости фильтрата 0ТW72В01/2, емкости пермеата 0ТW74В01/2, бака шлама 0ТW75В01, трубопроводов с кубовым остатком при выбивании уплотняющей прокладки из горловины фильтр-контейнера и разуплотнение линии очистки отработанного озоносодержащего газа.

Максимально возможное поступление активности в систему спецвентиляции оценено, исходя из выхода 0,1 % аэрозолей в атмосферу помещений от содержащихся в аварийном разливе и 100% при разуплотнении газовых систем. Принятая в проекте методика оценки максимального выхода радиоактивных веществ в атмосферу помещений, в том числе коэффициенты распределения, основаны на рекомендациях международной практики для анализов радиационных последствий данного класса аварий на АЭС [95, 96] и рекомендациях Научного руководителя.

При разгерметизации трубопроводов подачи раствора ЖРО, оборудования узла массообменных аппаратов или одной из ёмкостей раствора ЖРО (приемная ёмкость, ёмкость пермеата, ёмкость фильтрата, ёмкость шлама), имеет место авария с течью радиоактивных растворов, которые собираются в поддоны помещений (облицовка пола нержавеющей сталью на высоту 200 мм выше максимального уровня залива помещения).

Факт аварии определяется по сигналу датчиков трапов спецканализации, поступающему на щит управления (ЩСК). Установка аварийно останавливается. При этом не ожидается повышения давления в аварийном помещении и вытяжная система спецвентиляции препятствует неконтролируемому распространению с «загрязненным» воздухом радиоактивных веществ по соседним помещениям.

При разуплотнении емкостей максимальный выход радиоактивных нуклидов в атмосферу аварийного помещения ожидается при разуплотнении приемной емкости 0ТW70В01/2, выброс определен удельной объемной активностью растворов и объемом аварийного разлива – до 7,4 м³. При достижении контрольного уровня средой в зумпфе формируется сигнал на автоматическое включение насоса зумпфа и подается сигнализация оператору на ЩСК.

При разуплотнении емкости выход радиационно-опасных нуклидов цезия и продуктов коррозии в атмосферу аварийных помещений оценивается на уровне:

$$\begin{aligned} {}^{134}\text{Cs}, {}^{137}\text{Cs} & \quad - 8,9 \cdot 10^8 \text{ Бк}; \\ \text{продукты коррозии} & \quad - 5,8 \cdot 10^7 \text{ Бк} \end{aligned}$$

Разуплотнение трубопровода с кубовым остатком при выбивании уплотнительной прокладки из горловины фильтр-контейнера сопровождается проливом не более 0,1 м³ исходного кубового остатка, очищенного предварительно от продуктов коррозии, в

предположении, что подача ЖРО будет перекрыта оператором через 0,17 ч после сигнала на ЩСК о появлении аварийной протечки.

Аварийный выброс в атмосферу технологического помещения составит $1,2 \cdot 10^7$ Бк радионуклидов цезия.

Разуплотнение линии очистки обработанного озоносодержащего газа системы OTS88 до фильтров очистки сопровождается выходом в атмосферу помещения 25 нм^3 «радиоактивного» газа. Подогрев емкости и подача озона будут прекращены оператором не позднее, чем через 0,5 ч по сигналам на ЩСК о повышении содержания озона в технологическом помещении. При оценке поступления аэрозолей в технологическую сдувку принят выход до 1% активности, поступающей в технологическое оборудование с радиоактивными средами. Аварийный выброс в атмосферу технологических помещений установки не превысит $1,2 \cdot 10^9$ Бк по нуклидам цезия.

Аварии в системе растворения и изъятия жидких радиоактивных отходов (A1/A4)

Разуплотнение трубопровода с ЖРО сопровождается проливом $10,5 \text{ м}^3$ исходного раствора, в предположении, что подача ЖРО будет перекрыта оператором после сигнала на ЩСК о появлении аварийной протечки.

Аварийный выброс в атмосферу технологического помещения при разуплотнении трубопровода с КО составит около $1 \cdot 10^9$ Бк радионуклидов цезия.

Аварийный выброс в атмосферу технологического помещения при разуплотнении трубопровода со среднеактивным сорбентом может составить $0,5 \cdot 10^9$ Бк радионуклидов цезия и $1 \cdot 10^9$ Бк продуктов коррозии.

Аварии в системе технологических сдувок (OTS80)

При оценке поступления аэрозолей в технологические сдувки системы OTS80 принят выход до 0,1% активности, поступающей в технологическое оборудование с радиоактивными средами и 100% – от содержащихся в газовой среде.

Разуплотнение линии технологических сдувок системы OTS80 до фильтров очистки может сопровождаться выходом в атмосферу помещений зоны контролируемого доступа до 20 нм^3 радиоактивной среды. Установка будет отключена оператором не позднее, чем через 0,5 ч по сигналу радиационного контроля на ЩСК о повышении содержания аэрозолей в воздухе технологических помещений. При разуплотнении линии технологической сдувки от бака фильтра OTW72B01/2 максимально возможный выход аэрозолей в атмосферу технологического помещения не превысит $0,12 \cdot 10^9$ Бк по нуклидам цезия.

Аварии в системе греющего пара

Рассмотрена разгерметизация системы греющего пара в пределах аппаратов с радиоактивными средами.

В результате разуплотнения паровой рубашки приемной емкости OTW70B01/02 со стороны наружной поверхности рубашки, выход радиоактивной среды в помещение не происходит. В результате разуплотнения паровой рубашки приемной емкости OTW70B01/02 во внутреннюю полость емкости в начальный момент исключается

протечка ЖРО в полость греющего пара из-за значительного превышения давления греющего пара над давлением раствора кубового остатка в емкости (избыточное давление греющего пара 0,25 МПа, рабочее давление в приемной емкости ± 200 мм вод. ст.).

По сигналу на щит управления о росте давления в емкости автоматически отключается подачи греющего пара и линия отвода греющего пара на конденсацию. К поставарийным мероприятиям относится слив «загрязненного» конденсата в систему спецканализации и ремонт аварийной приемной емкости.

При превышении удельной объемной активности конденсата греющего пара в баке сбора конденсата уровня предупредительной уставки (точка контроля 0TN48R001), соответствующей требованиям НРБ-99/2009 к сбросным водам, опорожнение бака осуществляется в баки трапных вод. Сигнал от датчика радиационного контроля, установленного в баке, выведен на щит управления.

Аварии в системе обращения с фильтр-контейнерами

Отказом для системы обращения с упаковками РАО является падение фильтр-контейнера. Самая большая высота падения фильтр-контейнера возможна при опускании его в отсек длительного хранения и составляет 8,5 м. Конструкция фильтр-контейнера обеспечивает его механическую прочность при падении с высоты 9,00 м в соответствии с ТУ на оборудование [97].

Аварии в системе цементирования АЗ

В качестве отказа элементов установки цементирования важных для безопасности, рассмотрены разуплотнения емкости шлама КРС11ВВ001, емкости ИОС КРС12ВВ001.

Максимально возможное поступление активности в систему спецвентиляции оценено, исходя из выхода 0,1 % аэрозолей в атмосферу помещений от содержащихся в аварийном разливе. Принятая в проекте методика оценки максимального выхода радиоактивных веществ в атмосферу помещений, в том числе выбор коэффициентов распределения, основана на рекомендациях международной практики для анализов радиационных последствий данного класса аварий на АЭС [94-96].

При разгерметизации одного из баков раствора ЖРО имеет место авария с течью радиоактивных растворов, которые собираются в поддоны помещений (облицовка пола нержавеющей сталью на высоту ~ 200 мм выше максимального уровня залива помещения).

Факт аварии определяется по сигналу датчиков трапов спецканализации, поступающему на щит управления (ЩСК). Установка аварийно останавливается. При этом не ожидается повышения давления в аварийном помещении и вытяжная система спецвентиляции (0TL85) препятствует неконтролируемому распространению с «загрязненным» воздухом радиоактивных веществ по соседним помещениям.

При разуплотнении баков максимальный выход радиоактивных нуклидов в атмосферу аварийного помещения ожидается при разуплотнении емкости ИОС КРС12ВВ001, выброс определен удельной объемной активностью растворов и объемом аварийного разлива – до $6,0 \text{ м}^3$.

При разуплотнении бака КРС12ВВ001 выход радиационно-опасных нуклидов цезия и продуктов коррозии в атмосферу аварийных помещений оценивается на уровне:

$$\begin{aligned} {}^{134}\text{Cs}, {}^{137}\text{Cs} & \quad - 2,7 \cdot 10^8 \text{ Бк}; \\ \text{продукты коррозии} & \quad - 6,3 \cdot 10^8 \text{ Бк}. \end{aligned}$$

Аварии в системе обращения с контейнерами с кондиционированными РАО

Отказом для системы обращения с НЗК является падение НЗК. Конструкция контейнера рассчитана на прочность из условий падения НЗК, заполненного цементным компаундом с радиоактивными отходами, на жесткое основание с высоты 0,5 м.

Для обеспечения целостности НЗК при проведении подъемно-транспортных операций с НЗК, заполненного ОЖРО, в КПЖРО и ХОРО в случаях возможного аварийного падения контейнера с высоты более 0,5 м предусматриваются демпферные площадки. Демпферные площадки обеспечивают целостность и сохранность контейнера от повреждения при падении. Т.о. при падении НЗК на демпферную площадку выхода радиоактивных веществ из НЗК не происходит.

Детальная информация о системе обращения с НЗК представлена в разделе 4-4 ОООб.

Выбивание гидрозатворов на баках

Баки системы спецканализации оборудованы защитными гидрозатворами, обеспечивающими не превышение пределов разрешенного давления в баках, которое может быть достигнуто при ошибке оператора и отклонении от установленных эксплуатационных пределов вспомогательных систем.

Происходит срабатывание гидрозатвора, установленного на каждом баке. При превышении давления избыточное давление воздушной среды сбрасывается из бака в помещение бокса бака. При этом не ожидается повышения давления в аварийном помещении, распространение загрязненного воздуха по другим помещениям и предотвращается выброс радиоактивных веществ в атмосферу, поскольку вытяжная система вентиляции обеспечивает разрежение в боксах баков и имеет аэрозольные фильтры, обеспечивающие необходимую степень очистки вытяжного воздуха.

При разуплотнении бака TZ50B01/02 выход радиационно-опасных нуклидов цезия и продуктов коррозии в атмосферу аварийных помещений оценивается на уровне:

$$\begin{aligned} {}^{134}\text{Cs}, {}^{137}\text{Cs} & - 5,5 \cdot 10^8 \text{ Бк}; \\ \text{продукты коррозии} & - 3,5 \cdot 10^7 \text{ Бк}. \end{aligned}$$

Результаты оценок аварийных выбросов

Максимально возможное поступление активности в системы вытяжной вентиляции при авариях, связанных с разуплотнением «грязного» оборудования, оценено, исходя из выхода 0,1% аэрозолей в атмосферу помещений при разливах ЖРО. В соответствии с требованиями ТУ на оборудование эффективность фильтрации по аэрозолям в системах 0TL85 и 0TL96 составляет не менее 99,97%; принятая в расчетах аварийных выбросов в окружающую среду эффективность фильтрации – 99,9%.

Выполненный анализ показал (таблицы 7.7.1. – 7.7.3), что аварийный выброс ${}^{137}\text{Cs}$ и ${}^{60}\text{Co}$ в атмосферу при разуплотнении основного оборудования с радиоактивными средами пускового комплекса переработки ЖРО и работе вытяжных систем вентиляции и спецканализации в проектных режимах не превышает контрольного уровня выбросов КАЭС в условиях нормальной эксплуатации энергоблоков (пп. 5.13, 5.17 СП АС-03). При снижении эффективности фильтрации вытяжного воздуха до 90% аварийный выброс может достичь до 50% КУ выброса со станции.

Проектом гарантировано поддержание эффективной фильтрации вытяжного воздуха необслуживаемых помещений комплекса во всех рассмотренных в проекте условиях эксплуатации комплекса за счет резервирования системы фильтрации и отнесения отдельных элементов систем 0TL85/0TL96 (таких как фильтры, гермоклапаны и воздуховоды между ними) к классу ЗН в соответствии с п. 2.6 НП-001-15.

Таблица 7.7.1. - Аварийные выбросы ^{137}Cs в окружающую среду при работе установки А5 [98]

Аварийное оборудование	Выход в атмосферу аварийного помещения	Выброс через 0TL85, 0TL96, с фильтрацией
Приемная емкость 0TW70B01/201	$6,7 \cdot 10^8$	$6,7 \cdot 10^5$
Емкость фильтрата 0TW72B01/2 Емкость пермеата 0TW74B01/02	$3,8 \cdot 10^8$	$3,8 \cdot 10^5$
Емкость шлама 0TW75B01	$1,2 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^4$
Линия газовых сдувок системы 0TS88	$9,0 \cdot 10^8$	$9,0 \cdot 10^5$
Линия газовых сдувок системы 0TS80	$9,0 \cdot 10^7$	$9,0 \cdot 10^4$
Примечание: КУ выброса с КолАЭС ^{137}Cs – $1,7 \cdot 10^8$ Бк/мес		

Таблица 7.7.2 - Аварийные выбросы ^{137}Cs (^{60}Co) в окружающую среду при работе установок А3, А1/А4 (СК-1) [99]

Аварийное оборудование	Выход активности в атмосферу помещения	Выброс через 0TL85, В-1С с фильтрацией
Разуплотнение КРС11ВВ001	$(6,6 \cdot 10^7)$	$(6,6 \cdot 10^4)$
Разуплотнение КРС12ВВ001	$1,8 \cdot 10^8 (2,2 \cdot 10^8)$	$1,8 \cdot 10^5 (2,2 \cdot 10^5)$
Разгерметизация трубопровода подачи ЖРО (КО) за пределами перчаточного бокса установки А1/А4 (СК-1)	$9,5 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^5$
Разгерметизация трубопровода подачи ЖРО (САС) за пределами перчаточного бокса установки А1/4 (СК-1)	$3,1 \cdot 10^8 (3,9 \cdot 10^8)$	$3,1 \cdot 10^5 (3,9 \cdot 10^5)$
Примечание - КУ выброса с КолАЭС, Бк/мес: ^{137}Cs – $1,7 \cdot 10^8$, ^{60}Co - $6,2 \cdot 10^8$		

Таблица 7.7.3 - Аварийные выбросы ^{137}Cs (^{60}Co) в окружающую среду при работе установки А1/А4 (СК-2) [100]

Аварийное оборудование	Выход в атмосферу аварийного помещения	Выброс через 0TL90 с фильтрацией
Разгерметизация трубопровода подачи ЖРО (КО) за пределами перчаточного бокса установки растворения солей	$2,6 \cdot 10^8$	$2,6 \cdot 10^5$
Разгерметизация трубопровода подачи ЖРО (САС) за пределами перчаточного бокса установки А1/4 (СК-2)	$3,5 \cdot 10^7 (3,0 \cdot 10^7)$	$3,5 \cdot 10^4 (3,0 \cdot 10^4)$
Примечание - КУ выброса с КолАЭС, Бк/мес по ^{137}Cs – $1,7 \cdot 10^8$, ^{60}Co - $6,2 \cdot 10^8$ Бк/мес		

в Бк

Аварии с дополнительными отказами

Наиболее серьезными с точки зрения радиационных последствий для персонала АЭС и окружающей среды являются рассмотренные выше аварии с дополнительными отказами. В качестве дополнительных отказов в проекте рассматриваются:

полная потеря эффективности фильтрации в системах 0TL85 и 0TL96;

обесточивание станции и незакрытие КИДа в помещении с аварийным оборудованием.

По сравнению с проектным протеканием аварии, аварийный выброс определен возможным поступлением значительного количества радиоактивных аэрозолей в вытяжную систему вентиляции (до $1 \cdot 10^9$ Бк ^{137}Cs при разуплотнении линии очистки отработанного озоносодержащего газа системы 0TS88), неконтролируемым распространением аэрозолей по станции (в смежные обслуживаемые коридоры) и возможным выбросом активности в атмосферу без предварительной фильтрации.

Максимально возможное поступление активности в системы вытяжной вентиляции при авариях, связанных с разуплотнением «грязного» оборудования и дополнительными отказами, оценено, исходя из выхода до 0,1% аэрозолей в атмосферу помещений при разливах ЖРО и 100% - от содержащихся в газовой среде.

Аварийный выброс ^{137}Cs в окружающую среду для регламентируемых нуклидов при авариях с разуплотнением основного оборудования и дополнительными отказами (потеря эффективности фильтрации) консервативно оценивается на уровне до 1 ГБк, что составляет 50% годового допустимого уровня выбросов КАЭС в условиях нормальной эксплуатации энергоблоков (п. 5.13 СП АС-03).

Консервативная оценка ожидаемых годовых доз при рассмотренных выбросах через венттрубу подтверждает непревышение уровня 5 мЗв для критической группы населения за пределами промплощадки Кольской АЭС [89].

При обесточивании станции и незакрытии КИДа (из-за механических перекосов) в аварийном помещении неконтролируемое распространение радиоактивных веществ через КИДы может привести к незначительному повышенному содержанию их в воздухе обслуживаемых коридоров зоны контролируемого доступа. Максимальное содержание радиационно-опасного нуклида ^{137}Cs в воздухе примыкающего коридора превысит допустимое содержание ДОА_{перс.}, регламентируемое НРБ-99/2009, что потребует применения средств индивидуальной защиты персоналом по показаниям службы дозиметрии станции. После включения вытяжной системы вентиляции (восстановления энергоснабжения на станции) содержание радиоактивных веществ в воздухе обслуживаемых коридоров зоны контролируемого доступа снижается до ДОА_{перс} за время менее одних суток.

Применение аварийной сигнализации, средств индивидуальной защиты при ликвидации последствий аварии, дезактивация помещений по показаниям службы дозиметрии станции входят в перечень мероприятий по ограничению необоснованного радиационного облучения эксплуатационного и ремонтного персонала.

7.8 Описание возможных аварийных внештатных ситуаций на ХОРО

ХОРО выполнено в виде хранилища наземного типа, что исключает попадание грунтовых вод. По периметру хранилища предусмотрены наблюдательные скважины для контроля грунтовых вод. В ХОРО не поступает никаких жидких сред и жидкие сбросы от хранилища исключены как при нормальной эксплуатации/ННЭ, так и при авариях.

Бочки с солевым плавом, контейнеры НЗК-150-1,5П, КРАД -1,36 с кондиционированными РАО и контейнеры ВТРО, размещаемые на хранение, являются закрытыми источниками ионизирующего излучения

Конструкции и конструкционные материалы контейнеров имеют механическую прочность и устойчивость к коррозионным разрушениям (внутренним и внешним), достаточные для гарантии сохранности кондиционированной формы РАО при временном хранении на станции в течение установленного срока, а также транспортирования РАО на захоронение и захоронении. Конструкция контейнеров исключает выход радионуклидов в окружающую среду с концентрациями, превышающими установленные НРБ-99/2009 нормативы, при хранении, что достигается герметичностью соединений контейнера и низкими коэффициентами диффузии радионуклидов в стенках контейнера.

В помещениях ХОРО проектом предусмотрена естественная вентиляция через дефлекторы, поддерживающая необходимые для нормальной эксплуатации оборудования условия; в пристройке – механическая приточно-вытяжная система, обеспечивающая санитарно-гигиенические параметры воздушной среды для персонала (п.6.3.2 НП-20-15).

Выбор способа вентиляции хранилища определен рекомендациями РД ЭО 0356-02 (п.5.13) к системам вентиляции хранилища для НЗК-150-1,5П, разработанными в соответствии с требованиями действующих норм и правил: НП-001-15, НП-019-15, НП-020-15 а также установленными в других санитарно-гигиенических нормативах, стандартах и НД в части обеспечения безопасности при хранении РАО. Рекомендации РД основаны на указанных выше требованиях к конструкции и конструкционным материалам контейнеров.

Для исключения попадания влаги в здание ХОРО извне предусматриваются следующие технические и организационные меры:

в ХОРО отсутствует система водоснабжения и канализации;

защита от проникновения внутрь хранилища здания ХОРО грунтовых вод обеспечивается тем, что железобетонная фундаментная плита здания и сваи изготовлены из водонепроницаемого бетона марки W8, кроме того под фундаментной плитой проложена пропитанная битумом щебенчатая отсыпка толщиной 200 мм, а торцы плиты обмазаны битумом;

для защиты от проникновения внутрь здания ХОРО вод атмосферных осадков нижняя отметка пола хранилища выполнена на 150 мм выше уровня планировки земли вокруг ХОРО. Кроме того, снаружи здания ХОРО по его периметру выполнен бетонированный кольцевой канал, препятствующий поступлению воды с окружающей территории к ХОРО в периоды выпадения атмосферных осадков. Отвод воды из кольцевого канала предусматривается в систему ливневой канализации;

дождевые стоки с кровли здания ХОРО непосредственно отводятся через наружные водостоки в наружные водосборные лотки, из которых направляется в систему ливневой канализации;

в здании ХОРО предусмотрено электрическое отопление от электрических конвекторов, расположенных внутри здания, которые в автоматическом режиме поддерживают температуру внутри здания на уровне не ниже $+5^{\circ}\text{C}$;

доставка контейнеров с кондиционированными РАО 3 и 4 класса в здание ХОРО производится на спецавтомобиле, оборудованном закрытым кузовом, защищающим контейнеры от попадания на них влаги и атмосферных осадков.

С учетом вышеперечисленных организационно-технических мер по исключению попадания влаги в помещение ХОРО, принятых в проекте, дополнительные технические средства для удаления влаги в здании ХОРО не требуются.

Выбросы радиоактивных веществ из ХОРО исключены при нормальной эксплуатации/ННЭ.

В соответствии с НП-001-15 контейнеры, по своему назначению, являются элементами нормальной эксплуатации, важными для безопасности АЭС и относятся к классу безопасности 3 с классификационным обозначением 3Н. В соответствии с НП-031-01 контейнеры НЗК и КРАД относятся к категории сейсмостойкости II, контейнеры с ВТРО - к категории сейсмостойкости I [20, 21], бочки с солевым плавом к III категории [22].

Нарушение целостности бочек, заполненных солевым плавом, возможно при гипотетическом падении клетки с бочками с высоты на жёсткое основание при установке клетки с бочками на штатное место при их размещении в штабеле или при ПЗ. Ввиду того, что солевой плав является неактивными или низкоактивными отходами, то данная авария не оказывает влияния на радиационную обстановку. Общее количество активности в бочках с солевым плавом при полном его заполнении не превысит $2,0 \cdot 10^{11}$ Бк. Возможный выход в окружающую среду за счет низкой летучести радионуклидов из плава не превысит КУ выброса для станции и не представляет радиационной значимости.

При аварийном падении бочек с солевым плавом с высоты на пол, солевой плав, выпавший из поврежденных бочек, перегружается эксплуатационным персоналом в новые бочки, которые устанавливаются в клетки, после чего клетки с бочками солевого плава размещаются в ХОРО на штатное место хранения.

Гипотетическое падение контейнеров типа НЗК и КРАД возможно в случае ошибки персонала при опускании в ХОРО. Максимальная высота падения 10,5 м, при падении повреждение или разрушение контейнера исключено ввиду применения демпферных площадок. При падении на демпферную площадку целостность контейнера сохраняется.

Ликвидация последствий этих проектных аварий может быть проведена персоналом с оформлением допуска на эту работу, индивидуального дозиметрического контроля и применением средств индивидуальной защиты.

Конструкция крана г/п 10т и захвата для контейнеров исключает возможность падения груза и самопроизвольного перемещения механизмов в случае полного прекращения электроснабжения (раздел 4.4 ОООб).

Разгрузка контейнеров КЭ и ПН в здании ХОРО осуществляется бескрановым способом с использованием специальной тележки. Падение контейнеров исключено [101].

Согласно принятым техническим решениям аварии в ХОРО не оказывают значимого радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду и не выходят за уровень П01 шкалы РФ [87] и «1» шкалы МАГАТЭ (аномалии) [88].

7.9 Анализ безопасности системы обращения с кондиционированными РАО

7.9.1 Проектное землетрясение

Строительные конструкции здания КПЖРО и ХОРО в соответствии с НП-031-01 запроектированы II категории сейсмостойкости, а в соответствии с ПИН АЭ-5.6, II категории ответственности за радиационную и ядерную безопасность.

Конструкции оборудования, предназначенного для производства транспортно-технологических операций в здании КПЖРО и ХОРО с транспортными упаковками с КРАО, в том числе сами упаковки, изготовлены II категории сейсмостойкости согласно НП-031-01.

Кроме того, конструкции изготовленных и установленных в КПЖРО и ХОРО подвесных электрических кранов г/п 10 т исключают возможность их самопроизвольного передвижения на крановых путях, исключают возможность самопроизвольного передвижения электрических талей по рельсовым путям, исключают возможность самопроизвольного опускания грузов, навешенных на крюки (захватов с упаковками и т.д.). Конструкции захватов, применяемых при транспортно-технологических операциях с контейнерами, бочками, клетями исключают возможность самопроизвольного расцепления.

Конструкции оборудования по обращению с КРАО запроектированы и изготовлены так, чтобы они после прохождения проектных землетрясений сохраняли свою работоспособность для дальнейшей эксплуатации как при возникновении ПЗ, так и после его прохождения.

Таким образом, с учетом всех выше перечисленных технических решений, при прохождении ПЗ обеспечивается безопасность системы обращения с кондиционированными РАО.

7.9.2 Полное прекращение электроснабжения

Аварийные ситуации на АЭС с полным прекращением электроснабжения не влияют на безопасность системы обращения с КРАО в связи с тем, что транспортно-технологическое оборудование с транспортными упаковками КРАО, крановое оборудование и захваты для транспортирования контейнеров, бочек и клеток запроектировано и изготовлено так, что при обесточивании они сохраняют свои эксплуатационные функции.

Как уже было отмечено выше в п. 7.7 конструкции электрических кранов г/п 10 т исключают возможность юзовых перемещений как самих кранов, так и установленных на них электрических талей, а также исключают возможность самопроизвольного опускания навешенного на крюки кранов грузов в условиях полного обесточивания механизмов кранов.

Конструкция всех предусмотренных эксплуатируемых захватов не допускают их самопроизвольного расцепления с транспортными упаковками (контейнерами, бочками и клетями).

Учитывая все вышеизложенное, можно сделать вывод, что при аварийном прекращении электроснабжения кранов падение транспортируемых кранами грузов исключается.

7.9.3 Пожар

Все технологические помещения в здании КПЖРО, в которых установлено технологическое оборудование системы обращения с КРАО (установка цементирования АЗ, обращения с контейнерами, бочками для солевого плава), приняты по взрыво- и пожароопасности категории В4 согласно НПБ 105-03. Исключение составляет помещение отсеков хранения фильтр-контейнеров, которое принято категории Д.

Помещения отсеков хранения контейнеров с кондиционированными РАО и бочек с солевым плавом в здании ХОРО приняты категории Д.

Проектными решениями, принятыми для производственных помещений КПЖРО и ХОРО, при нормальных условиях работы установок системы обращения с КРАО не предусматривается наличия горючих материалов в указанных помещениях.

В конструкциях контейнеров, бочек и клеток не используются горючие материалы. В качестве смазочных материалов оборудования (в узлах грузоподъемных крюков, талей, захватов, моторных тележек, откатных ворот и другого оборудования) приняты трудновозгораемые масла.

Применяемые в оборудовании электрокабели имеют марку НГ (не распространяющие горение) с пониженным дымообразованием.

Учитывая небольшой объем проложенных в производственных помещениях к оборудованию установок обращения с КРАО электрокабелей, кабелей электроосвещения и приборов автоматического управления оборудования, из-за незначительности пожарной нагрузки в указанных помещениях в случаях возгорания в них отдельных кабелей развития пожароопасной ситуации в условиях ННЭ не возникает.

Технические помещения зданий КПЖРО и ХОРО оборудованы системами пожарной сигнализации с выносом сигналов в помещения охраны. В качестве первичных средств пожаротушения в зданиях КПЖРО и ХОРО применяются переносные порошковые огнетушители. Подробно о мерах противопожарной защиты, принятых в проекте КПЖРО и ХОРО изложено в главе 9 КЛ.1_4-0-0-ОООБ-001/9.

7.9.4 Аварийное падение транспортных упаковок с КРАО при проведении с ними подъемно-транспортных операций

Как было отмечено выше в п. 7.9.1 строительные конструкции зданий КПЖРО и ХОРО запроектированы и сооружены согласно НП-031-01 II категории сейсмостойкости. Основное транспортно-технологическое оборудование по обращению с КРАО также запроектировано и изготовлено II категории сейсмостойкости согласно НП-031-01 (краны подвесные электрические г/п 10 т, фильтр-контейнеры, контейнеры НЗК и КРАД, моторные тележки, захваты для НЗК, фильтр-контейнеров, бочек и клеток).

При этом конструкцией кранов г/п 10 т, установленных в КПЖРО и ХОРО, исключается самопроизвольное передвижение кранов и талей, самопроизвольное опускание грузов. Конструкцией захватов исключается самопроизвольное расцепление

захватов с упаковками РАО (с фильтр-контейнерами, с контейнерами НЗК и КРАД, с бочками, с солевым плавом, с клетями для бочек солевого плава).

В связи с вышеуказанным, аварийное падение транспортируемых в здании КПЖРО и ХОРО установок с КРАО может произойти только в случае ошибки персонала в местах подъема (опускания) упаковок с КРАО (фильтр-контейнеров, бочек с солевым плавом, клетей с бочками, контейнеров НЗК и КРАД).

Самая большая высота падения фильтр-контейнера возможна при опускании его в отсек длительного хранения в КПЖРО и составляет порядка 8,5 м. Конструкция фильтр-контейнера обеспечивает его целостность и герметичность при аварийном падении на пол с указанной выше высоты, т.к. фильтр-контейнеры рассчитаны на механическую прочность при падении на жесткое основание с высоты 9 м.

Нарушение целостности бочек, заполненных солевым плавом, возможно при аварийных ситуациях, возникающих при падении бочек с высоты на жесткое основание при проведении следующих подъёмно-транспортных операций с бочками:

- в здании КПЖРО - при снятии бочек, заполненных солевым плавом, с поворотного стола при помощи специального механического захвата для бочек, навешенного на крюк кран подвесного г/п 10 т, и последующем подъёме бочки наверх на высоту порядка 4,5÷5 м через загрузочный люк, расположенный на отм. +7.200 в пом. К-213Т;
- в здании КПЖРО - при опускании краном г/п 10 т клетей с бочками солевого плава, через транспортный люк на отм. +7.200 из пом. К-213-Т в пом. К-110Т для погрузки их в спецавтомобиль перед отправкой в здание ХОРО на хранение;
- в здании ХОРО при операциях по подъёму клетей с бочками солевого плава краном г/п 10 т над отм. 0.000 транспортного коридора (пом. Х101/1) для последующего транспортирования клетей с бочками в отсек их хранения в ХОРО.

Во всех указанных выше случаях, ввиду того, что солевой плав, выпадающий из бочек при указанных аварийных ситуациях, имеет в своём составе радионуклиды низкой активности, эти случаи не оказывают влияния на радиационную обстановку. Таким образом, вышеуказанные аварии не представляют радиационной опасности для персонала АЭС при проведении работ по устранению последствий этих аварий.

После окончания указанных выше аварийных случаев, солевой плав, выпадающий из бочки при её возможном разрушении от удара при падении, собирается персоналом с применением индивидуальных средств биозащиты в имеющиеся в наличии на АЭС инвентарные металлические контейнеры-сборники для низкоактивных отходов, которые затем транспортируются в ХССО на хранение.

Для обеспечения безопасности производства работ по подъёму (опусканию) контейнеров НЗК и КРАД в зданиях КПЖРО и ХОРО с помощью кранов подвесных электрических г/п 10 т с захватами на высоту более 0,5 м предусматривается в местах подъема (опускания) контейнеров устройство демпферных площадок. Такими местами в КПЖРО предусматривается в помещении К-110Т место на отм 0.000 под транспортным люком на отм. +7.200, а в ХОРО на отм. 0.000 в помещении отсека хранения кондиционированных РАО.

Демпферные площадки, предусмотренные в указанных местах, представляют из себя приямки, выполненные в фундаментных плитах КПЖРО и ХОРО размером 2000х2000 мм глубиной 600 мм и заполненные строительным песком.

Демпферные площадки предназначены для снижения динамической нагрузки удара контейнеров на жесткое основание в случае его аварийного падения при подъеме (опускании) на (с) высоту (высоты) до 10 метров до величины, исключающей разрушение контейнеров, учитывая то обстоятельство, что контейнеры, заполненные КРАО рассчитаны на механическую прочность и сохранность защитных свойств при падении на жесткое основание с высоты 0,5 м.

В указанных выше обстоятельствах, все транспортные операции по горизонтальному перемещению краном г/п 10 т контейнеров, для обеспечения условий безопасности запрещается производить над жестким основанием на высоте более 500 мм.

Контейнеры НЗК и КРАД после падения перед последующей эксплуатацией должны быть подвергнуты тщательному осмотру и контролю.

Разгрузка контейнеров с КЭ и ПН в отсеке их хранения в здании ХОРО осуществлялась бескрановым способом путем перекачки контейнеров с ж.д. платформы г/п 72 т на специальной транспортной рельсовой тележке г/п 65 т на место установки их на хранение на площадке одной из 2-х разгрузочных эстакад, примыкающих к ж.д. пути. Падение контейнеров при этом было исключено за счет фиксированного крепления контейнеров на тележке при их транспортировании.

7.10 Меры по предупреждению аварий, обеспечению готовности и ликвидации аварий. Противоаварийные мероприятия

На Кольской АЭС разработан «План мероприятий по защите персонала в случае аварии на Кольской АЭС» (далее - «План мероприятий...») [102].

«План мероприятий...» разработан на основании «Типового содержания плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции» (НП-015-2000), утвержденного постановлением №2 Госатомнадзора России от 5 июля 2000 г. [103].

«План мероприятий...» разработан с учетом требований федеральных и отраслевых директивных и нормативных документов. В «Плане мероприятий...» учтены требования НП-005-16 «Положение о порядке объявления аварийной обстановки, оперативной передачи информации и организации экстренной помощи атомным станциям в случае радиационно опасных ситуаций» (далее – «Положение о порядке объявления аварийной обстановки...») [104].

План мероприятий...» является одновременно планом действий АС по предупреждению и ликвидации ЧС в мирное время.

Требования «Плана мероприятий...» распространяются на персонал АС, личный состав специальной и пожарной охраны АС, а также персонал, временно прикомандированный для обеспечения функционирования и жизнедеятельности станции, подлежат исполнению на территории АС в пределах ее СЗЗ.

«План мероприятий...»:

– определяет организацию и управление действиями аварийных групп и бригад, оперативного персонала АЭС;

– устанавливает распределение ответственности между должностными лицами АЭС по проведению противоаварийных действий;

– определяет состав сил и средств.

Действия оперативного персонала по ликвидации последствий аварии определены в эксплуатационных и специальных инструкциях по обеспечению безопасности в условиях проектных и запроектных аварий:

– «Типовом руководстве по управлению запроектными авариями»;

– «Рабочем технологическом регламенте безопасной эксплуатации энергоблока №3»;

– в других станционных инструкциях.

«План мероприятий...» является основным документом для всех подразделений и должностных лиц АЭС, а также прикомандированных лиц, подрядных организаций, выполняющих работы на промплощадке АЭС и в санитарно – защитной зоне в случае радиационной аварии, а также персонала специальной медико-санитарной части, отряда государственной пожарной службы.

Положения «Плана...» распространяются на все виды деятельности, связанные с планированием, обеспечением готовности и реагированием в случае возникновения аварии на АЭС.

Планы по защите населения утверждаются Главами администраций соответствующих регионов.

Действующие в Российской Федерации Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде аварийной ситуации, представляют собой нормативные дозовые пределы облучения всего тела или отдельных органов, при достижении которых следует принимать соответствующие меры защиты персонала и населения: укрытие, йодная профилактика, эвакуация.

Для планирования мероприятий по защите населения региона расположения Кольской АЭС в плане дополнительно приведены данные по оценке радиационных последствий аварии с разрывом главного циркуляционного трубопровода у входного патрубка эквивалентным диаметром Ду 500 мм с двусторонним истечением теплоносителя и одновременным отказом всех активных систем безопасности.

На основании проведенных расчетов радиационных последствий этих аварий с учетом метеоусловий делается прогноз радиационной обстановки в тридцатикилометровой зоне вокруг АЭС, определяются размеры зон поражения при данной аварии и необходимые мероприятия по защите персонала АЭС и членов их семей, и населения тридцатикилометровой зоны.

Из нерадиационных факторов, влияющих на безопасность АЭС, при объявлении на КАЭС состояния «Аварийная готовность» или «Аварийная обстановка» учитываются такие события, как пожары на территории КАЭС, выброс (разлив) АХОВ в окружающую среду.

Контроль за окружающей средой (ОС) на Кольской АЭС осуществляется по согласованной программе с применением общепринятых методик, характеризующих состав радионуклидов в объектах ОС, выбросах в венттрубу, сбросных водах и пищевых продуктах, выращиваемых в районе расположения КАЭС.

Радиационный контроль окружающей среды в автоматизированном режиме осуществляет АСКРО.

Окружающая среда на КАЭС и вокруг неё контролируется также независимыми органами санитарно-эпидемиологического надзора и охраны окружающей среды России.

Основными признаками аварии на КАЭС является нарушение установленных пределов безопасной эксплуатации, установленных «Технологическим регламентом...» и сопровождающиеся превышением установленных показателей радиационной обстановки.

В зависимости от обстановки на промплощадке, в СЗЗ и ЗН «Положением о системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций концерна «Росэнергоатом» установлены три режима функционирования КолАЭС:

- режим повседневной деятельности (нормальной эксплуатации КолАЭС) – не нарушены проектные пределы;
- режим повышенной готовности (состояние «аварийная готовность») – нарушены проектные пределы, и не требуется принятие специальных мер по защите персонала;
- чрезвычайный режим (состояние «аварийная обстановка») – нарушены проектные пределы, и требуется принятие специальных мер по защите персонала и населения.

Состояние «аварийная готовность» или «аварийная обстановка» на ранней фазе аварии объявляется на КАЭС в зависимости от складывающейся радиационной обстановки при достижении мощности эквивалентной дозы или объемной активности ^{131}I в воздухе помещений АЭС с постоянным пребыванием персонала, на территории промплощадки, в СЗЗ и ЗН, значений, приведенных в табл. 7.10.1. [102, 104].

Таблица 7.10.1. Критерии для объявления на АЭС состояний «аварийная готовность» и «аварийная обстановка».

Контролируемый параметр, место контроля	Состояние	
	Аварийная готовность	Аварийная обстановка
1 Мощность эквивалентной дозы (мкЗв/час)		
1.1 Помещения постоянного пребывания персонала зоны строгого режима	> 10	> 600
1.2 Территория промплощадки и СЗЗ	> 2,5	> 200
1.3 Территория зоны наблюдения АЭС	> 0,1*	> 20
2 Объемная активность ^{131}I в воздухе (Бк/м ³)		
2.1 Помещения постоянного пребывания персонала зоны строгого режима	> 1100	> 2,9 10 ⁴
2.2 Территория промплощадки и СЗЗ	> 275	> 9,7 10 ³
2.3 Территория зоны наблюдения АЭС	> 7	> 670**
* Превышение естественного фона.		
** Установлены для критической группы (дети в возрасте от 1 до 2 лет).		

Порядок объявления на Кольской АЭС состояний «Аварийная готовность» и «Аварийная обстановка» установлен «Инструкцией о порядке объявления аварийной обстановки и передачи оперативной информации, №0-22-01ИП» на основании [104].

При введении в действие «Плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на Кольской атомной станции» выполняются следующие мероприятия:

- оповещение персонала;
- введение в действие органов управления;
- проведение радиационной и общей разведки;
- обеспечение радиационной и инженерной защиты;
- обеспечение медицинской защиты;
- обеспечение физической защиты;
- обеспечение охраны общественного порядка;
- проведение эвакуационных мероприятий.

Организация оповещения и связи Кольской АЭС осуществляется в соответствии с требованиями Комплексной системы связи управления эксплуатацией и противоаварийными действиями на АЭС.

Основной задачей службы связи и оповещения Кольской АЭС является своевременное, надежное и качественное оповещение персонала и руководящего состава АЭС, населенных пунктов, предприятий и организаций, входящих в 15-ти километровую зону вокруг АЭС.

7.11. Проведение профилактических противопожарных мероприятий и подготовка к безаварийной работе производства.

В населенных пунктах:

- проверка состояния и исправности гидрантов, задвижек, сетей водоснабжения подъездных путей к ним;
- очистка возможных мест возгорания от легко-возгораемых и взрывоопасных веществ и предметов;
- создание искусственных водоемов и оборудование подъездов к ним;
- приведение в готовность сил и средств пожаротушения;
- уменьшение или приостановка подачи газа;
- отключение ЛЭП, обесточивание потребителей во избежание замыканий электрических сетей.

В лесных массивах:

- регламентация работы лесопожарных служб по V классу пожарной опасности (чрезвычайная опасность);
- организация наземного патрулирования лесов в течение всего светлого времени суток, а в наиболее опасных местах – круглосуточно;
- привлечение в помощь лесной охране и временным пожарным сторожам рабочих и служащих лесхозов, пожарных дружин и милиции;
- организация авиационного патрулирования;
- усиление наземных команд личным составом и инженерной техникой;
- сосредоточение основных сил и средств пожаротушения в наиболее опасных участках и зонах;
- максимальное ограничение въезда в леса в угрожаемом районе, закрытие въездных шлагбаумов, установка щитов – сигналов, предупреждающих о чрезвычайной пожарной опасности, выставление контрольных постов из работников лесной охраны и милиции;

- организация круглосуточного дежурства в конторах лесхозов, лесничеств и других предприятий, учреждений и организаций, находящихся в угрожаемом районе;
- подготовка команд подрывников для локализации и тушения пожаров (по согласованию с органами военного командования);
- организация контроля за своевременной очисткой лесоразработок и лесов в угрожаемом районе от заготовленной древесины, сучьев, щепы, от сухих деревьев и мусора;
- устройство заградительных минерализованных полос;
- разведка основного возможного направления распространения пожара;
- приведение в готовность сил и средств пожаротушения;
- подготовка специальных бригад (по согласованию с министерством сельского хозяйства и продовольствия области) по опашке участков пожара, созданию прокосов и минерализованных полос на пути распространения пожара;
- подготовка сил и средств к созданию заградительных полос и пуску встречного огня.

При угрозе возникновения ЧС принимаются также меры к безаварийной остановке потенциально опасных объектов, расположенных в угрожаемой зоне или вблизи нее.

Оценивается целесообразность и, при необходимости, снижаются запасы АХОВ на химически опасных объектах, попадающих в угрожаемую зону.

Устанавливается круглосуточное дежурство в организациях, учреждениях и предприятиях, расположенных в угрожаемой зоне или вблизи нее.

При необходимости, отключаются коммунально-энергетические сети в угрожаемой зоне.

При необходимости, прекращаются погрузочно-разгрузочные работы, закрепляется подъемно-транспортное оборудование.

7.12. Проводимые мероприятия при возникновении крупных производственных аварий, катастроф и стихийных бедствий (чрезвычайный режим).

Порядок взаимодействия и взаимные обязательства Кольской АЭС и АТЦ К РЭА определены «Договором о взаимодействии по предупреждению и ликвидации последствий радиационных инцидентов и аварий».

В соответствии с этим договором АТЦ К РЭА принимает на себя выполнение следующих обязательств:

- обеспечение двухчасовой готовности личного состава оперативной группы, техники и оборудования к выдвигению для ликвидации последствий радиационных аварий;
- обеспечение круглосуточной связи АТЦ К РЭА с КЦ К РЭА, СКЦ ФАА РФ, Кольской АЭС;
- диспетчерское сопровождение транспортировки отработавшего ядерного топлива в СЗЗ АЭС;
- участие в разработке и согласовании планов ликвидации последствий радиационных аварий и проектов производства аварийно-технических работ совместно с АЭС;

- поддержание постоянной готовности сил и средств к ведению аварийно-спасательных и аварийно технических работ в условиях радиационного фактора, развитие и совершенствование материально-технической оснащенности АТЦ;

- выполнение проверок состояния технических средств Кольской АЭС, придаваемых, при необходимости, АТЦ К РЭА для выполнения аварийно-технических работ;

- направление сил и средств АТЦ К РЭА на ликвидацию последствий аварий в течение двух часов с момента поступления информации;

- проведение радиационной и инженерной разведок в помещениях АЭС и на территории, прилегающей к ней;

- постоянный контроль радиационной обстановки;

- оценка границ зоны аварии;

- локализация радиоактивных загрязнений;

- пылеподавление;

- дезактивация оборудования, помещений, территории;

- ликвидация последствий аварий в случае падения ТК, загруженного ОЯТ, с высоты более девяти метров;

- разборка завалов;

- монтажно-демонтажные работы на оборудовании;

- устранение течей высокотемпературного теплоносителя без отключения оборудования;

- автономное выполнение аварийно-технических работ и функционирование своих формирований в течение трех суток.

В целях оказания помощи при локализации аварии и ликвидации ее последствий на Кольскую АЭС прибывает определенный состав сил и средств привлекаемых спецформирований. КЧС Кольской АЭС устанавливает порядок взаимодействия с привлекаемыми силами и средствами спецформирований. Ответственность за организацию взаимодействия с ними возлагается на начальника штаба по делам ГО и ЧС Кольской АЭС. Конкретные должностные лица, отвечающие за организацию взаимодействия с привлекаемыми формированиями, назначаются ежегодным приказом директора Кольской АЭС, подготавливаемым вторым отделом.

Вопросы взаимодействия с привлекаемыми формированиями ежегодно уточняются путем:

- личного общения руководства Кольской АЭС, членов КЧС с руководителями привлекаемых формирований;

- ознакомления с Кольской АЭС руководителей привлекаемых формирований;

- разработки ежегодных планов проведения совместных противоаварийных тренировок и учений;

- проведения совместных занятий, тренировок и учений по вопросам локализации аварии и ликвидации ее последствий;

- документального оформления вопросов взаимодействия в случае аварии на Кольской АЭС на картах, схемах, в планах.

8. МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ИЛИ СНИЖЕНИЮ ВОЗМОЖНОГО НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В этой главе приводятся основные организационные и технические решения по охране окружающей среды при эксплуатации КПЖРО с ХОРО.

1) Меры защиты от попадания радиоактивных газообразных отходов в окружающую среду при нормальной работе КПЖРО.

Герметичные помещения, рассчитанные на давление (защитная оболочка) характеризуются наличием в воздухе радиоактивных благородных газов, изотопов йода и аэрозолей в нормальном режиме работы станции.

Герметичные помещения, не рассчитанные на давление (помещения спецкорпуса, обстройки реакторного отделения) характеризуются наличием аэрозолей и изотопов йода в воздухе некоторых помещений в результате протечек из радиоактивного контура.

Для предотвращения загрязнения воздушной среды помещений и атмосферного воздуха радиоактивными веществами выше допустимых значений проектом предусмотрены следующие основные технические мероприятия.

В соответствии с требованиями “Санитарных правил проектирования и эксплуатации атомных станций, СП АС-03” в проекте обеспечен принцип раздельного вентилирования помещений зоны контролируемого доступа и зоны свободного режима.

Для исключения неконтролируемого поступления радионуклидов в атмосферу во всех помещениях, содержащих оборудование с радиоактивными средами, поддерживается разрежение, при этом обеспечивается направленность движения потоков только в сторону более “грязных” помещений.

Удаляемый воздух из помещений зоны контролируемого доступа, в том числе от технологического оборудования с радиоактивными средами, проходит очистку на аэрозольных и йодных фильтрах и централизованно выбрасывается через вентиляционные трубы высотой 120 метров в атмосферу.

На АЭС осуществляется постоянный контроль за работой систем вентиляции, эффективностью фильтров, дозиметрический контроль за содержанием радионуклидов в удаляемом воздухе.

Проектные значения выбросов газообразных отходов не превышают регламентированных значений, определяемых “Санитарными правилами проектирования и эксплуатации атомных станций, СП АС-03”.

2) Меры защиты от попадания радиоактивных жидких отходов в поверхностные и подземные воды.

Проект систем спецводоочистки, связанных с переработкой радиоактивных вод, выполнен с использованием герметичного оборудования и арматуры, что до минимума сокращает выход радиоактивных вод из системы спецводоочистки в помещения, где они расположены. Кроме того, полы в помещениях имеют стальную герметичную облицовку из нержавеющей стали и трапы спецканализации, в которые поступают все возможные неорганизованные протечки и дренажи от оборудования и трубопроводов и отводятся по системе спецканализации в бак-приямок трапных вод.

Жидкие радиоактивные отходы, образующиеся в процессе эксплуатации АЭС (отработанные смолы фильтров спецводоочистки, кубовый остаток - концентрированные

солевые растворы), собираются в емкости промежуточного хранения, выдерживаются для распада короткоживущих изотопов и переводятся в твердую фазу.

Все емкости промежуточного хранения жидких радиоактивных отходов размещаются в железобетонных помещениях, расположенных выше уровня грунтовых вод и имеющих надежную гидроизоляцию.

Во всех емкостях предусмотрен контроль уровня жидких отходов, а также система перекачки растворов из емкостей в резервную емкость.

В помещениях емкостей ведется постоянный контроль наличия протечек. Вокруг здания, где размещаются емкости промежуточного хранения радиоактивных отходов, предусмотрены наблюдательные скважины для контроля состояния грунтовых вод.

На каждой очереди имеется объединенный специальный корпус для переработки технологических сред и радиоактивных отходов – ОСК-1 и ОСК-2.

Хранилища сухих радиоактивных отходов (ХСО) и временные хранилища жидких радиоактивных отходов (ХЖО) оборудованы в здании спецкорпуса для каждой очереди: ХСО-1, ХЖО-1 и ХСО-2, ХЖО-2, соответственно.

Пунктами временного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) являются приреакторные бассейны выдержки (БВ) энергоблоков 1 ÷ 4.

Переработка жидких радиоактивных отходов (ЖРО) на Кольской АЭС осуществляется на комплексе по переработке жидких радиоактивных отходов (КП ЖРО). Хранение полученного нерадиоактивного плава осуществляется в специальном хранилище отвержденных радиоактивных отходов (ХОРО).

3) Меры защиты от попадания радиоактивных твердых отходов в атмосферу, поверхностные и подземные воды, почву в условиях нормальной эксплуатации.

С целью защиты от попадания радиоактивных твердых отходов в атмосферу, поверхностные и подземные воды, почву в проекте предусмотрены следующие мероприятия.

Сбор твердых радиоактивных отходов на АЭС осуществляется в специальные контейнеры в местах их образования.

Сортировка отходов по уровню активности (низко-, средне-, высокоактивные отходы) производится по месту их сбора путем загрузки в соответствующие контейнеры.

Крупногабаритное оборудование подвергается разборке и резке до соответствующих габаритов.

С целью сокращения объемов хранилищ твердых радиоактивных отходов, низкоактивные отходы подлежат переработке - сжиганию или прессованию.

Предусмотрена возможность извлечения из хранилищ отходов для отправки на региональные хранилища.

Заполнение ячеек хранилища отходами производится с помощью контейнеров с биозащитой, загрузочных устройств, захватов, грузоподъемных механизмов.

Ячейки хранилищ выполнены из железобетона, дно ячеек хранилища находится выше уровня грунтовых вод, имеет гидроизоляцию снаружи строительных конструкций и поддон из нержавеющей стали с отбортовкой 500 мм внутри ячеек.

Над хранилищем отходов выполнена кровля и перекрытие, исключаящее попадание атмосферных осадков в ячейки хранения отходов.

Для контроля состояния грунтовых вод по периметру хранилища закладываются наблюдательные скважины.

Установки переработки для очистки газообразных выбросов оснащаются спецгазоочисткой и спецвентиляцией.

Вторичные отходы с установок утилизируются на этих же установках.

Выполненные в проекте АЭС перечисленные мероприятия позволяют полностью исключить поступление жидких и твердых радиоактивных отходов в поверхностные и грунтовые воды в режиме нормальной эксплуатации.

4) Предусматриваемые меры по снижению вероятности запроектных аварий, локализации радиационного воздействия на окружающую среду и ликвидации последствий этого воздействия.

Поскольку запроектная авария представляет собой аварийный процесс, в котором, дополнительно к исходному событию, происходит ряд отказов в системах безопасности, основные направления поиска снижения вероятности подобных аварий:

- снижение вероятности исходного события (где это возможно) и снижение вероятности невыполнения своих функций системами безопасности, что достигается:

- реализация жестких требований к качеству оборудования на стадиях изготовления, монтажа и испытаний;

- контроль и освидетельствование всех систем, ответственных за безопасность в процессе эксплуатации (диагностика состояния оборудования, регулярные профилактические проверка и ремонт оборудования, входящего в состав систем безопасности, со строгим соблюдением регламента техобслуживания);

- наличие в проекте большого запаса по отклонению рабочих параметров установки до пределов безопасной эксплуатации, при нарушении которых возможно развитие аварийного процесса;

- применение в проекте разнопринципности технических решений для резервирования в системах, выполняющих функции аварийной защиты и аварийного отвода тепла от активной зоны (механическая и химическая системы СУЗ, активная и пассивная системы промывки активной зоны);

- наличие в проекте автоматического включения и исполнения своих функций защитными и управляющими системами безопасности, во избежание ошибок персонала в аварийных ситуациях;

- постоянный тренинг персонала станции на соблюдение регламентных требований эксплуатации и на поиск решений при непредвиденных поворотах аварий.

Имеющаяся на АЭС система мер по локализации радиационного воздействия в проектных авариях довольно эффективно “работает” и в запроектных режимах.

Перечисленные технические меры, являющиеся составными элементами конструкции КПЖРО, дополняются и завершаются мерами ликвидации и уменьшения возможных вредных последствий аварии за пределами станции, если авария все же получит такое развитие.

5) *Рекультивация и возврат земельных участков, занимаемых под временные сооружения и объекты строительной индустрии.*

Природный ландшафт не затрагивается деятельностью по эксплуатации КПЖРО с ХОРО.

б) *Мероприятия по санитарной обработке территории, подлежащей затоплению, осушению отведенных территорий, дренажи, защита населенных пунктов и других объектов при строительстве водоемов-охладителей.*

В связи с отсутствием на Кольской АЭС напорных гидротехнических сооружений гидродинамическая авария с затоплением прилегающих территорий невозможна.

В соответствии с документами «Критерии безопасности гидротехнических сооружений Кольской АЭС» и «Расчета вероятного вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических и юридических лиц в результате аварий гидротехнических сооружений Кольской АЭС» аварии на гидротехнических сооружениях Кольской АЭС, приводящие к нарушению нормальной работы АЭС невозможны.

С целью обеспечения безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений на Кольской АЭС ежегодно разрабатываются мероприятия (Приложение И.)

7) *Меры по предотвращению утечек и фильтрации минерализованных и содержащих другие загрязнения сточных вод, дренажи, гидроизоляция, перехват и возврат фильтрационных вод, организация контроля за уровнем и химическим составом подземных вод в пределах площадки АЭС и санитарно-защитной зоны.*

Все сточные воды, сбрасываемые Кольской АЭС в водные объекты, подвергаются очистке на очистных сооружениях механической и биологической очистки. Неочищенных сточных вод Кольская АЭС не сбрасывает.

Основными мероприятиями по предотвращению утечек и фильтрации минерализованных и содержащих другие загрязнения сточных вод являются:

- обеспечение соблюдения режима хозяйственной деятельности для водоохранных зон и прибрежных защитных полос озера Имандра;
- выполнение лабораторно-аналитического контроля химических и микробиологических параметров сточных вод КАЭС, вод открытых водоемов;
- реализация регламентных мероприятий по техническому обслуживанию очистных сооружений и канализационных сетей.

Для защиты подземных конструкций зданий и сооружений от контакта с грунтовыми водами выполняется гидроизоляция.

План водоохранных мероприятий Кольской АЭС на 2020 год включает:

- проведение производственного контроля за качеством поверхностных (подводящий канал, отводящий канал, контрольные створы), грунтовых и сточных вод Кольской АЭС;
- выполнение наблюдений за морфометрическими особенностями водных объектов (губы Глубокой и губы Молочной Имандровского водохранилища) и проведение ихтиологических наблюдений на водозаборных сооружениях Кольской АЭС;
- проведение капитального ремонта газодувок №3 и №4 очистных сооружений хозяйственно-фекальных стоков;
- проведение капитального ремонта песковой карты очистных сооружений хозяйственно-фекальных стоков;

- очистка дна, акватории подводящего канала, запаней и сороудерживающих решеток БНС-1,2 от затопленных бревен и посторонних предметов;
- проведение производственного контроля природных и сточных вод Кольской АЭС на содержание гидразина.

8) Мероприятия по охране воздушного бассейна, соблюдению нормативов допустимых выбросов вредных химических веществ в атмосферный воздух.

С целью поддержания минимально достижимого воздействия на атмосферный воздух на Кольской АЭС реализуются следующие основные мероприятия:

- соблюдаются нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- реализуется План мероприятий по уменьшению выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух в периоды НМУ.

9) Мероприятия по охране окружающей среды при обращении с отходами.

- Реализуются мероприятия по передаче специализированным предприятиям (имеющим соответствующие лицензии) отходов производства и потребления КАЭС, не подвергаемым вторичному использованию (рециклингу и рекуперации) на предприятии в пределах нормативно установленных сроков (не более 11 месяцев с момента образования отходов).

- Осуществляется эксплуатация полигона промышленных нерадиоактивных отходов КолАЭС.

- Реализуется в полном объеме программа производственного экологического контроля на объектах размещения и накопления отходов производства и потребления 1-5 классов опасности.

10) Мероприятия по возмещению ущерба животному и растительному миру, переселение животных, лесопосадки, восстановление лугов и пастбищ.

С целью защиты водозаборов от попадания молоди рыб БНС Кольской АЭС оборудованы плоскими вращающимися защитными сетками, защищающими от попадания рыб и разного мусора.

Подтверждением экологического благополучия озера Имандра в части сохранения рыбьего поголовья являются результаты ежегодно проводимого ихтиомониторинга, подтверждающего стабильность численности, продуктивности и видового состава ихтиофауны.

Регулярно выполняются мероприятия по искусственному воспроизводству водных биоресурсов, включая обеспечение выпуска выращенной молоди атлантического лосося (семги), в целях возмещения ущерба, нанесенного водным биоресурсам и среде их обитания при текущей эксплуатации блоков Кольской АЭС. Так, в 2015-2020 гг. Кольской АЭС реализованы мероприятия по зарыблению (выпуску молоди атлантического лосося (семги) в реку Умба бассейна Белого моря) рыбами семейства Лососёвые (Salmonidae) возрастной стадии годовики, средней штучной навеской на момент выпуска не менее 1,0 г.

11) Идентификация экологических аспектов и оценка их значимости

В рамках функционирования системы экологического менеджмента ежегодно на Кольской АЭС осуществляется идентификация экологических аспектов, под которыми

понимаются элементы деятельности основных и вспомогательных подразделений, способные оказать прямое и/или косвенное воздействие на окружающую среду. Результаты идентификации экологических аспектов включаются в перечень значимых экологических аспектов Кольской АЭС [105], для которых устанавливаются экологические цели и задачи и планируются мероприятия по снижению их значимости.

Для решения экологических задач и достижения экологических целей на Кольской АЭС ежегодно разрабатывается «Программа экологического менеджмента», включающая организационные и технические мероприятия из «Плана реализации Экологической политики филиала АО «Концерн Росэнергоатом» «Кольская атомная станция», а также ежегодные «Мероприятия по охране окружающей среды Кольской АЭС».

12) Организационно-технические мероприятия, направленные на предотвращение возникновения аварийных ситуаций при обращении с кондиционированными РАО

Уменьшение возможности возникновения ситуаций с аварийным падением упаковок с кондиционированными РАО при их транспортировании кранами на захватах достигается следующим организационно-техническими мерами:

- все транспортно-технологические операции с транспортными упаковками кондиционированных РАО в КПЖРО и ХОРО производятся кранами подвесными электрическими г/п 10 т, с применением соответствующих захватов для упаковок на минимальных (доводочных) скоростях передвижения и подъема.

Это указание внесено в технологический регламент производства работ, разработанный на Кольской АЭС:

- операторы, выполняющие работу по управлению кранами г/п 10 т с навешанными на них захватами для НЗК в пом. К-213Т КПЖРО, а также дистанционное управление в пом. Х-209 пристройки к ХОРО при проведении ими подъемно-транспортных операций по подъему и перемещению контейнеров НЗК на заданные технологией работ позиции их размещения, должны обязательно убедиться в полном надежном сцеплении каждого из 4-х крюков рычагов захвата с опорными гнездами по углам корпуса контейнера. При этом, на пульте кранов должен обязательно высвечиваться сигнал «Захват закрыт». Только после этого оператор подает команду на подъем контейнера до заданной высоты, на последующее его горизонтальное перемещение, после чего производится опускание контейнера в конечное место установки его на опорную плоскость. После этого производится операция по расцеплению контейнера НЗК с крюками рычагов захвата.

На пульте оператора высвечиваются сигнал «Захват открыт», после чего захват выводится из зацепления с контейнером и транспортируется на место проведения следующей технологической операции.

- операторы, выполняющие работу по управлению кранами г/п 10 т с захватами для фильтр-контейнеров, захватами для бочек солевого плава в КПЖРО, захватами для клеток с бочками в КПЖРО и ХОРО, должны в обязательном порядке визуально убедиться в надежном схватывании крюками соответствующих захватов корпусов указанных транспортных упаковок перед производством подъемно-транспортных операций с указанными упаковками;

- горизонтальное перемещение транспортных упаковок должно производиться на высоте не более 500 мм от отметки опорной плоскости упаковки;

- в местах подъема (опускания) контейнеров на высоту более 500 мм предусматривается устройство демпферных площадок, заполняемых строительным песком (в КПЖРО в пом. К-110Т, в ХОРО в транспортном коридоре пом. Х-101/1).

Это способствует обеспечению сохранности упаковок от разрушения при аварийных падениях.

- все операции, производимые эксплуатационным персоналом при работе с транспортно-технологическим оборудованием, предназначенным для производства транспортных операций по транспортированию упаковок с кондиционированными РАО в зданиях КПЖРО и ХОРО, должны производиться на пониженных (доводочных) скоростях. Это обеспечивается наличием у оборудования обращения с КРАО электроприводов перемещения и подъема с частотным регулированием (на кранах мостовых электрических г/п 10 т, моторных тележках).

Порядок действий оперативного персонала при возникновении аварий и их ликвидации на КПЖРО прописан в инструкции 0-10-40ИП.

Технологической схемы для транспортирования радиоактивных отходов прописаны в «Окончательном отчете по обоснованию безопасности КПЖРО с ХОРО».

Выводы

Перечисленные мероприятия обеспечивают надежную защиту экосистем района размещения Кольской АЭС и его населения от вредных воздействий.

9. ВЫЯВЛЕННЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ НАМЕЧАЕМОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Определение возможных воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду достаточно сложный процесс, который включает разносторонние исследования, анализ и документирование информации, необходимой для принятия управленческого решения, в связи с чем при проведении оценки возможно появление некоторых неопределенностей.

Неопределенность оценки воздействий на окружающую среду намечаемой деятельности - величина многофакторная, обусловленная сочетанием отдельных вероятностных величин и погрешностей, которые определяются использованием в системе оценки разноплановых и изменчивых во времени данных.

В рассматриваемом случае важнейшими факторами (группами факторов), определяющими величину неопределенности ОВОС, являются:

1) достоверность данных мониторинга и производственного экологического контроля - параметров и характеристик объектов внешней среды (в данном случае описывающих степень их загрязнения техногенными компонентами);

2) неопределенность в оценке по изменению вероятности возникновения той или иной аварии при эксплуатации КПЖРО и ХОРО;

3) неопределенность в оценке рисков для окружающей среды и здоровья населения факторов воздействия (выбросы, сбросы ВХВ и радиоактивных веществ, образование и размещение отходов производства и потребления, ОНАО, РАО) при эксплуатации КПЖРО и ХОРО.

Первый из вышеуказанных факторов (или групп факторов), обуславливающих неопределенность, может быть оценен с определенной долей условности как погрешности основных видов измерений при определении степени загрязнения объектов окружающей среды, выполняемых в аккредитованных лабораториях по аттестованным методикам. В большинстве случаев такая погрешность не превышает 30 %.

По второму фактору следует отметить, что оцененное изменение параметров нормальной эксплуатации КПЖРО не оказывает влияния ни на перечень исходных событий, для которых моделируются возможные на КПЖРО аварийные последовательности, ни на критерии успеха, отображающие процесс развития аварийной ситуации, ни на конечные состояния аварийных последовательностей, рассчитанные на основе теплогидравлических анализов и определяемые в терминах.

Таким образом, перечень аварийных последовательностей не изменится, как и незначительно изменятся вероятностные показатели реализации доминантных аварийных последовательностей и их вкладов в частоту повреждения активной зоны реактора.

В рамках вероятностного анализа безопасности системы обращения с кондиционированными РАО, выполнен анализ аварийных ситуаций, возникающих вследствие внешних воздействий природного происхождения, либо из-за других исходных событий. Ввиду того, что потенциально возможные изменения входных данных вследствие изменения параметров нормальной эксплуатации КПЖРО оцениваются как незначительные, потенциально возможные изменения вероятностных показателей

реализации аварийных последовательностей вследствие дальнейшей эксплуатации КПЖРО оцениваются как «не оказывающие существенного влияния на безопасность системы обращения с кондиционированными РАО».

Неопределенность в оценке рисков для окружающей среды и здоровья населения факторов воздействия может быть снижена и учтена при анализе данных экологического мониторинга и радиационного контроля, выполняемого на протяжении всего периода эксплуатации Кольской АЭС. Имеющаяся адекватная информация позволяет говорить о том, что риск является незначительным и нет необходимости прибегать к профилактическим мерам на основе экологического риска. Получаемые данные дают достаточно устойчивую на соответствующий период времени картину по повышению – снижению того или иного контролируемого параметра.

В системе существующих неопределенностей выполненную оценку воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности по эксплуатации КПЖРО следует считать удовлетворительной.

10. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММ МОНИТОРИНГА И ПОСЛЕПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА

В целях повышения качества контроля состояния экологической безопасности, охраны окружающей среды и рационального природопользования Кольской АЭС проводится мониторинг состояния окружающей среды.

Мониторинг радиационной обстановки выполняется с помощью системы радиационного контроля окружающей среды (РКОС). РКОС в автоматизированном режиме осуществляется автоматизированной системой контроля радиационной обстановки (АСКРО).

АСКРО предназначена для непрерывного контроля радиационной обстановки в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения. Целью создания АСКРО является удовлетворение требований [106] по автоматизации радиационного контроля окружающей среды, а также оперативное обеспечение лиц, ответственных за принятие решений в случае аварии на АЭС, достоверной информацией о радиационной обстановке в районе размещения Кольской АЭС.

АСКРО функционирует во всех режимах эксплуатации АЭС, включая проектные и запроектные аварии.

АСКРО, как экспертная система, позволяет оператору принимать решения по защите персонала и населения при аварийных ситуациях на АЭС. Реализация всего комплекса решаемых задач выполнена на основе программных средств, представленных ведущими российскими и мировыми фирмами в рамках единого проекта АСКРО.

Подсистема контроля метеопараметров АСКРО Кольской АЭС состоит из 5 автоматических метеорологических станций (АМС) фирмы VAISALA (Финляндия) и обеспечивает автоматическое измерение метеорологических параметров.

АМС выполняет следующие функции:

- контролирует метеорологические параметры;
- накапливает и хранит информацию в течение 64 суток;
- передает информацию по запросу в информационно-аналитический центр (ИАЦ) АСКРО по радио- или телефонному каналу;
- осуществляет самоконтроль и диагностику исправности и по собственной инициативе сообщает в ИАЦ об отказах и выявленных отклонениях от нормального функционирования оборудования;
- сообщает в ИАЦ по собственной инициативе о попытках несанкционированного доступа.

На АМС-1 с помощью метеорологического локатора фирмы REMTECH, дополнительно контролируются скорость, направление ветра и температура до высоты 500-1000 м.

Каждый параметр усредняется за 10 мин и 1 раз в 10 мин передается в ИАЦ АСКРО. Информация записывается и хранится в базе данных на сервере АСКРО.

ИАЦ располагается в здании Информационного центра в г. Полярные Зори.

Визуализация информации осуществляется на рабочих местах ИАЦ, оперативного персонала КАЭС, руководителей КАЭС.

Метеоинформация используется:

- для планирования деятельности при текущей эксплуатации КАЭС;
- в системе прогнозирования радиационной обстановки и дозовых нагрузок на персонал и население на промплощадке, в санитарно защитной зоне, в зоне наблюдения и в зоне радиусом 50 км вокруг Кольской АЭС при выходе радионуклидов за пределы зданий и сооружений КАЭС.

Система прогнозирования развернута на рабочих местах ИАЦ и защитного сооружения 1 (ЗПУПД). Система прогнозирования предполагает полуавтоматический ввод метеопараметров и параметров выброса радионуклидов. Результаты прогноза выводятся в виде картограмм, графиков, таблиц.

Радиационный контроль на территории Кольской АЭС, в пределах санитарно-защитной зоны, зоны наблюдения и контрольного пункта осуществляет отдел радиационной безопасности.

Производственный экологический контроль за состоянием водохранилища Кольской АЭС, источниками сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду проводится ГХК и ГЭК ОРБ Кольской АЭС по утвержденным программам и регламентам.

Производственный экологический контроль за состоянием атмосферного воздуха на промплощадке КАЭС, СЗЗ и ЗН, а также контроль выбросов загрязняющих веществ на стационарных и передвижных источниках выбросов загрязняющих веществ осуществляют ЦЛАТИ по Мурманской области.

Производственный экологический контроль за состоянием параметров окружающей среды на объектах размещения отходов производства и потребления 1-5 классов опасности осуществляют ЦГиЭ ФМБА «118 России, ЦЛАТИ по Мурманской области, ГХК и ГВРК ОРБ Кольской АЭС.

Кольская АЭС выполняет все регламентированные мероприятия по охране окружающей среды. Комплексный мониторинг природных сред (в том числе гидрологический) проводится на Кольская АЭС регулярно. Результаты контроля ежегодно публикуются в отчетах [76, 107].

11. РЕЗЮМЕ НЕТЕХНИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА

Анализ альтернативных методов переработки и кондиционирования ЖРО в России и зарубежом, а также сравнительная оценка стоимости захоронения радиоактивных отходов, однозначно показывает, что технология переработки ЖРО, реализованная на Кольской АЭС, является современной, эффективной и наиболее рентабельной.

Радиозэкологический мониторинг в районе размещения КАЭС и близлежащего города (Полярные Зори) ведётся с 1972 года, когда впервые были выполнены «фоновые» замеры радиоактивности основных природных объектов.

По основным радиационным параметрам радиозэкологическая обстановка в районе города Полярные Зори не отличается от радиозэкологической обстановки в окружающих регионах и находится в пределах колебаний естественного фона (0,06- 0,12 мкЗв/ч).

Радиозэкологический мониторинг, осуществляемый в районе города Полярные Зори, охватывает следующие объекты природной среды: воду открытых водоёмов (озеро Имандра), подземные воды, почву, растительность, донные отложения, приземный воздух, атмосферные выпадения, снежный покров, рыбу, продукты питания, оборудование и материалы.

На основании анализа многолетних данных, полученных в результате радиозэкологических исследований состояния наземных и водных экосистем, проведенных в районе расположения Кольской АЭС, можно сделать следующие выводы:

- значения МЭД гамма-излучения в СЗЗ и ЗН Кольской АЭС в период эксплуатации КПЖРО находились в пределах естественного радиационного фона (0,04 ÷ 0,20 мкЗв/ч) и соответствовали уровням измеренным в контрольном пункте, что свидетельствует об отсутствии влияния АЭС на радиационную обстановку на контролируемой территории;

- общая бета-активность воздуха составляет 1-4 % от уровня активности 1972 года, объемная активность приземного воздуха находится на уровне $1 \cdot 10^{-4}$ Бк/м³. Такое снижение обусловлено прекращением испытаний ядерного оружия и постепенным самоочищением атмосферы;

- средняя удельная активность Cs¹³⁷, Co⁶⁰ и трития в воде открытых водоемов за последние 5 лет составляет соответственно 0,0013, 0,001 и 3,8 Бк/л. Содержание Cs¹³⁷ и трития составляет соответственно 0,011 и 0,24 % от уровня вмешательства при поступлении этих радионуклидов с водой (УВ^{вода} (НРБ-99/2009) Cs¹³⁷-11, H³ – 7600 Бк/л). Удельная активность других радионуклидов была меньше нижнего предела измерений;

- уровень содержания ¹³⁷Cs в почвенном покрове региона Кольской АЭС сформирован главным образом радионуклидами глобального происхождения, содержание Cs¹³⁷ в почве равнялось 92 Бк/м²;

- значения годовых газоаэрозольных выбросов радионуклидов при эксплуатации КПЖРО за 2006-2019 г. были существенно ниже нормативных значений, регламентированных СПАС-03 и не превышали 5-6 % от допустимого выброса;

- содержание ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в натуральных пищевых продуктах не превышали нормативов СанПиН 2.3.2.1078-01: в пластинчатых грибах средняя удельная активность Cs¹³⁷ за последние 5 лет составила 0,4 % от норматива (Cs¹³⁷ – 500 Бк/кг), для трубчатых

грибов - 0,4 % от норматива; в чернике и бруснике усредненная удельная активность Cs^{137} составила, в пределах 3% от норматива;

- усредненная суммарная β -активность за последние 5 лет в рыбе не превышает 90 Бк/кг, удельная активность Cs^{137} составила 4,6 % от норматива (Cs^{137} – 130 Бк/кг);

- содержание радионуклидов в жидких сбросах, отводимых в Губу Молочную озера Имандра не превышает допустимых сбросов (ДС), утвержденных для Кольской АЭС;

- максимальная удельная активность радионуклидов в донных отложениях водных объектов региона Кольской АЭС, как минимум в 10 раз ниже удельной активности - 300 Бк/кг (по сумме радионуклидов), при которой согласно ОСПОРБ–99/2010 (п.3.11.3) отсутствуют какие-либо санитарные ограничения для населения при хозяйственном использовании водных объектов;

- техногенная составляющая активности донных отложений определяется ^{137}Cs глобального и частично «станционного» происхождения в местах непосредственного воздействия сбросных вод АЭС (оз. Бабинская Имандра). Колебания активности отложений, наблюдаемые в течение последних лет, не имеют четко выраженного характера и не позволяют сделать вывод о накоплении радионуклидов;

- анализ удельной активности идентифицированных радионуклидов в пробах высших водных растений показал, что в пределах погрешности удельная активность техногенных радионуклидов не отличалась от ее среднесуточных значений;

- содержание РВ в объектах флоры и фауны, сельскохозяйственной продукции местного производства соответствует требованиям СанПиН.

На основании анализа данных, полученных в результате экологических (гидрохимических, гидротермических, гидробиологических) исследований состояния водных и наземных экосистем, проведенных в регионе Кольской АЭС, можно сделать следующие выводы:

- значения годовых выбросов ВХВ в атмосферный воздух не превышали 33% от допустимого выброса;

- значения годовых сбросов ВХВ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты не превышали 5% от допустимого сброса;

- значения годового объема образования отходов 1-5 классов опасности для окружающей среды не превышали 40% от установленного значения;

- содержание ВХВ и тяжелых металлов в почвах региона размещения Кольской АЭС ниже предельно-допустимых значений;

- общее состояние и численность популяций ихтиофауны, водных и наземных экосистем находится в пределах стандартных многолетних значений, негативной динамики в состоянии наземных и водных экосистем не выявлено;

- гидрохимический и гидротермический режимы Имандровского водохранилища при эксплуатации КПЖРО не изменяются;

Анализ результатов расчетных оценок радиационных последствий эксплуатации КПЖРО Кольской АЭС показал:

- при любых авариях радиационные последствия не могут представлять серьезной опасности для населения, проживающего в районе размещения АЭС, или создать

трудноразрешимые проблемы в своевременной организации необходимого минимума профилактических и защитных мер;

- учитывая фактические существующие уровни выбросов радиоактивных газов и аэрозолей Кольской АЭС, прирост среднегодового выброса радионуклидов АЭС за счет эксплуатации КПЖРО не приведет к превышению установленных годовых допустимых выбросов;

- скорость образования радиоактивных и нерадиоактивных отходов АЭС в результате эксплуатации КПЖРО не увеличится по сравнению с существующим уровнем;

- прогностические расчеты миграции радионуклидов в Имандровское водохранилище, выполнены для вариантов попадания их в водоем с аварийными жидкими сбросами и за счет осаждения аварийных аэрозольных выбросов на водную поверхность. Расчеты, выполнены методом математического моделирования в относительных единицах от единичного аварийного сброса (выброса) продолжительностью 1 час;

- расчеты миграции радионуклидов, попавших в водоем с аварийными жидкими сбросами, выполнен для трех гидрометеорологических условий, характеризующих периоды повышенной средней и низкой гидродинамической активности водных масс;

- расход и качество очищенных хозяйственно-бытовых стоков не изменится.

На случай чрезвычайных ситуаций утверждены: план мероприятий по защите персонала АЭС, план мероприятий по защите населения, которыми предусмотрен порядок действий при чрезвычайных ситуациях и необходимое обеспечение.

В период промышленной эксплуатации КПЖРО не выявлено каких-либо изменений в окружающей среде. Значения контролируемых параметров наземных и водных экосистем, а также уровни дозовых нагрузок на населения находились в пределах вариаций значений при работе Кольской АЭС.

Радиационная обстановка в районе расположения Кольской АЭС в период эксплуатации КПЖРО оставалась удовлетворительной, отвечающей всем требованиям действующих нормативных документов и не отличающейся от обстановки в окружающих регионах. Она определялась радионуклидами естественного и космогенного происхождения, а также радионуклидами глобального загрязнения атмосферы.

Выполненный анализ подтверждает, что эксплуатация КПЖРО с ХОРО не приведет к значимому изменению радиационной обстановки в районе расположения атомной станции по сравнению с естественным радиационным фоном. Состоятельность такого прогноза может быть обоснована многолетними фактическими данными по поступлению радиоактивных веществ с энергоблоков КАЭС в окружающую среду, многократно меньших допустимых регламентных величин.

Приведенные результаты свидетельствуют, что эксплуатация КПЖРО существенно не изменит экологического состояния региона Кольской АЭС, которое в настоящее время может быть охарактеризовано как удовлетворяющее требованиям санитарно-гигиенического и природоохранного законодательства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устав Акционерного общества «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях» (редакция от 08.08.2019).
2. Кольская АЭС. Окончательный отчет по обоснованию безопасности КПЖРО с ХОРО. КЛ.1_4-0-0-ОООБ-001. ОАО «СПБАЭП». 2012 г.
3. Регламент эксплуатации комплекса по переработке жидких радиоактивных отходов, 0-10-42ИП.
4. Программа обеспечения качества при обращении с радиоактивными отходами, 0-10-02ПОК(РАО).
5. План мероприятий по защите персонала в случае аварии на Кольской атомной станции, 0-22-04ИП.
6. Приказ Филиала АО «Концерн Росэнергоатом» Кольская атомная станция» от 05.08.2020 №9/Ф05-750-П «О подготовке документов к государственной экологической экспертизе».
7. План мероприятий по организации общественных обсуждений материалов ОВОС и МОЛ эксплуатации объекта: «Комплекс переработки жидких радиоактивных отходов с хранилищем отвержденных радиоактивных отходов Кольской атомной электрической станции» от 04.09.2020.
8. Баринов А.С., Волков А.С., Лашенов С.М. Технологии переработки и кондиционирования РАО // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. 2011. № 1. С. 156-161.
9. Муратов О.Э., Степанов И.К., Царева С.М. Методы переработки жидких радиоактивных отходов (Аналитический обзор) – Экология промышленного производства. 2012. №1. С. 30-43.
10. <http://atomic-energy.ru>
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Мурманская область. Л.: Гидрометеиздат, 1988. Ч. 1-6. Вып.2. 316с.
12. Маслобоев В.А., Горбачева Т.Т., Евдокимова Г.А. и др. Экологическое состояние наземных и водных экосистем в районе Кольской АЭС// Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2010. -227 с.
13. ГОСТ 16350-80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. М.,1981.
14. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. // Изд-во стандартов, Москва, 1971.
15. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 184 с.
16. Макарова Т.Д. Ландшафтно-климатический потенциал загрязнения атмосферы // Эколого-географические проблемы Кольского Севера. Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1999. с. 16-21.

17. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2019 году, Мурманск, 2020.
18. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2018 г. Санкт-Петербург, 2019.
19. 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.
20. Корнейкова, М.В., Мозгова, Н.П. Микромицеты воздуха и почв полуострова Рыбачий // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2016. – С. 105-110.
21. 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.
22. 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.
23. Niedoszytko, M., Chełmińska, M., Jassem, E., Czestochowska, E. Association between sensitization to *Aureobasidium pullulans* (*Pullularia* sp) and severity of asthma. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 2007. V. 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).
24. 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>.
25. Саттон, Д.А., Фотергилл, А.В., Ринальди, М.Г. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. М.: Мир, 2001. 470 с.
26. 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.
27. Маслобоев В. А., Боровичёв Е. А., Валькова С. А. и др. Наземные и водные экосистемы в районе Кольской АЭС (Мурманская область). Апатиты, 2020, 323 с.
28. 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.
29. Отчёт о выполнении 2 этапа работ по теме «Научное обоснование и сопровождение работ по обеспечению радиационной безопасности на загрязненных территориях». Москва, 2011.
30. Сошников В.В., Пьянцев Б.Н., Ленчик В.Н. Технический отчет по инженерно-изыскательским работам к рабочему проекту хранилища отвержденных радиоактивных отходов (ХОРО). Книга 1. Инженерно-геологические и инженерно-геофизические работы, Санкт-Петербург, 2003.

31. Кугушев Н.М. и др. Отчёт об инженерно-геологических изысканиях II очереди. Том 1. Промплощадка и гидротехнические сооружения. Ленинград, 1972.
32. Региональная гидрогеология т. 27. Москва, «Недра», 1971.
33. Геологическая экспедиция 29 района, партия 17 «Объяснительная записка к комплексу карт на территорию, прилегающую к Кольской АЭС», Санкт-Петербург, 1993 г.
34. «Отчёт по объекту 29/С-КА», Ленинград, 1986.
35. Заключение о гидрогеологических условиях и перспективе водоснабжения за счёт подземных вод атомных станций и населения в пределах 30 километровой зоны в случае возникновения радиационной опасности» Производственное геологическое отделение Гидроспецгеология. Экспедиция №10.
36. «Кольская АЭС. Инженерно-геологические условия площадки. Пояснительная записка, карты». ФГУП СПбНИИ «Энергоизыскания», Санкт-Петербург, 2000.
37. Первичный отчет «Результаты объектного мониторинга состояния недр в Филиале ОАО «Концерн Росэнергоатом» Кольская атомная станция за 2008-2009 годы (гидрогеологические и гидрологические наблюдения)». Санкт-Петербург, 2010.
38. Технический отчет о проведении изыскательских работ для обоснования проектирования хранилища ЖРО 1-4 блоков (1-й этап). Полярные Зори, 1995.
39. Сошников В.В. «Технический отчёт о выполнении инженерно-геологических изысканий на участке здания ДНУ Кольской АЭС». Санкт-Петербург, 1999.
40. Отчет «Обследование загрязненных территорий, находящихся в пределах зон наблюдений предприятий, и создание геоинформационной системы». Книга 5, этап 30. ФГУП «Гидроспецгеология». Москва, 2014.
41. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Микроорганизмы тундровых и лесных подзолов Кольского Севера. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2001. 184 с.
42. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: изд-во МУ, 1970. 488 с.
43. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».
44. Черных Н. А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. М.: Изд-во РУДН, 2003. 430 с.
45. Кизеев А. Н. Содержание Cs-137 и K-40 в почвенно-растительном покрове в районе расположения Кольской атомной электростанции // Global scientific potential. Regional economy. 2016. № 5 (62). С. 56–59.
46. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайных экологических ситуаций и зон экологической бедствий. М.: Минприроды, 1992. 12 с.
47. 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 (82). С. 199-205.
48. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962, № 7. С. 555-571.
49. Красная книга Мурманской области. Мурманск. 2003. 394 с.

50. 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.
51. 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.
52. Крючков В.В., Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Экология водоемов-охладителей в условиях Заполярья. Апатиты, 1985. 132 с
53. СанПин 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников
54. 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.
55. Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер. Мурманск: Изд-во Мурманского гос. техн. ун-та, 2012. 242 с.
56. Даувальтер В. А. Геохимия озер в зоне влияния Арктического железорудного предприятия // Геохимия. 2020. Т. 65, № 8. С. 797–810. DOI: 10.31857/S001675252008004X.
57. 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.
58. Евдокимова Г.А., Маслова Р.А., Чижиков В.В. О микробиологических исследованиях озера Имандра // Микробиологические исследования на Кольском полуострове. Апатиты: изд. Кольского филиала АН СССР. 1978. С. 46-57.
59. Маслобоев В. А., Горбачева Т. Т., Евдокимова Г. А., Казаков Л. А., Катаев Г. Д., Переверзев В. Н., Похилько А. А., Раткин Н. В. Экологическое состояние наземных и водных экосистем в районе Кольской АЭС. Апатиты. Изд-во Кольского научного центра РАН. 2010. 227 с.
60. 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.
61. 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.
62. Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России. М.: Наука, 1998. 218 с.
63. Королева И. М., Терентьев П. М. Рыбное сообщество озера Имандра (Кольский полуостров) // География и природные ресурсы. 2019. №4. С. 116–124.
64. Лукин А. А. Интродукция радужной форели *Parasolmomykiss* в озеро Имандра (Кольский полуостров) // Вопросы ихтиологии. 1998. Т. 3. № 4. С. 485–491
65. 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, No. 10. P. 1–5.

66. 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.
67. 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. № 6. 2017. С. 41–51
68. Крючков В. В., Моисеенко Т. И., Яковлев В. А. Экология водоемов-охладителей в условиях Заполярья. Апатиты, 1985. 131 с
69. Смирнов А. Ф. Рыбы озера Имандры // Рыбы озер Кольского полуострова. Петрозаводск, 1977. 96 с.
70. 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
71. Терентьев П. М., Кашулин Н. А. Трансформации рыбной части сообществ водоемов Мурманской области // Труды КНЦ РАН. Изд-во КНЦ РАН. 2012. Вып. 2. С. 61–100.
72. Форма федерального статистического наблюдения №18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации за 2015 год / ФГБУЗ Центр гигиены и эпидемиологии №118 ФМБА России, г. Полярные Зори, 2016.
73. ГН 2.1.5.1315-03 Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
74. Письмо Министерства природных ресурсов и экологии Мурманской области №30-02/4560-ОН от 11.07.2016.
75. СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009).
76. Отчеты о радиационной обстановке в районе Кольской АЭС за 2011-2019 гг.
77. Кольская АЭС. Технический отчет. Миграция радионуклидов в атмосфере и поверхностных водах. КЛ.0-02-002.ОТ. Арх. № КЛ-Т2101, ФГУП «СПБАЭП», г. Санкт-Петербург, 2006 г. Инв. КолаЭС № 31256.
78. Кольская АЭС. Технический отчет: «Анализ и оценка площадки КАЭС по степени опасности внешних воздействий природного происхождения (гидрометеорологические условия)». КЛ.0-02-001.ОТ. ФГУП АЭП 2006.
79. Методы расчета распространения радиоактивных веществ в окружающей среде и доз облучения населения. - М: МХО ИНТЕРАТОМЭНЕГО, 1992.
80. ЦСГНЭО. Отчет: Сейсмическое микрорайонирование площадки Кольской АЭС-1. Бовенко В.Г. и др. Москва, 2000 г.
81. Smith S.D., Banke E.G. Variation of sea-surface drag coefficient with wind speed. Quart. J. Royal Meteorolog. Soc., 1975, v.101 (429).
82. СП 51.13330.2011«Защита от шума» Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
83. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

84. НП-021-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Обращение с газообразными радиоактивными отходами. Требования безопасности".
85. Протокол совещания от 08.04.2016 №ПЗ-129-16/РЦ о порядке обращения с ГРО.
86. «Инструкция по обращению с твердыми радиоактивными отходами на Кольской АЭС». 0-10-03ИП.
87. Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе атомных станций, НП-004-97 (ПНАЭ Г-12-005-97), Госатомнадзор РФ, М., 1998
88. Международная шкала ядерных событий (ИНЕС). Руководство для пользователей. МАГАТЭ, Вена, 2001
89. Расчеты по радиационной безопасности. Рабочий проект установок пускового комплекса, 2005г.
90. Расчеты по радиационной безопасности. Рабочий проект установок извлечения ЖРО над СК-2, 2007г.
91. Расчеты по радиационной безопасности. Рабочий проект установки цементированья АЗ, 2009г.
92. ПС «ДОЗА 2.0». (свидетельство об официальной регистрации №2007613034). Описание применения. НИР.0-0-75-ОТ-001. Арх.№ НИР-Т-15, СПБАЭП, 2009 г.
93. Нормативно-технический документ 38.220.56-84, Том 1. Безопасность в атомной энергетике. Методы расчета распространения радиоактивных веществ с АЭС и облучения окружающего населения. МХО "Интератомэнерго" СЭВ М., Энергоатомиздат, 1984
94. Методы расчета распределения радиоактивных веществ в атмосфере и доз облучения населения. НТД. МХО. М., 1992 г.
95. USNRC NUREG - 0017, Revision 1 Calculation of Releases of Radioactive Materials in Gaseous and Liquid Effluents from Pressurized Water Reactors, 1979.
96. Calculation of Release of Radiactive Materials in Gaseous and Liquid Effluents from Pressurized Water Reactors. Model PWR-GALA. Руководство Комиссии по атомной энергии USA. U.S.Department of Commerce National Technical Information Service, PB-251-718
97. Обоснование методики оценки радиационных последствий аварий на ЯЭУ. РНЦ КИ, М., 1979. ИАЭ-3144
98. Кольская АЭС. Доработка обоснования безопасной эксплуатации комплекса переработки ЖРО (ПООБ КПЖРО). Глава 5, изм.1, 2006г.(КЛ.0М1-00-002.ПООБ/5).
99. Кольская АЭС. Корректировка обоснования безопасной эксплуатации комплекса переработки ЖРО (ПООБ КПЖРО). Книга 2 Системы извлечения ЖРО А4, цементированья АЗ, обращения с НЗК. Глава 5, 2009г (КЛ.0М1-00-002.ПООБ/5).
100. Кольская АЭС. Модернизация систем обращения с ЖРО. Утверждаемая часть рабочей документации надстройки над спецкорпусом №2, ПООБ. Глава 5, изм.2, 2009 (КЛ.0М29-09-0-ПООБ-001/5).
101. Проект производства работ по кантовке, транспортировке и разгрузке контейнеров. КАЭС.1-Р-РО1040-000. СЕВЗАПЭНЕРГОМОНТАЖПРОЕКТ. 2008
102. План мероприятий по защите персонала в случае аварии на Кольской атомной станции, №0-22-04ИП.

103. Типовое содержание плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции НП-015-2000.

104. НП-005-16 Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. «Положение о порядке объявления аварийной обстановки, оперативной передачи информации и организации экстренной помощи атомным станциям в случае радиационно-опасных ситуаций».

105. Перечень значимых экологических аспектов Кольской АЭС, 0-06-95ИП

106. НП-001-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций"

107. Отчет по природоохранной деятельности Кольской АЭС.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

АМС	- автоматическая метеорологическая станция
АО	- акционерное общество
АПРК	- автоматизированный пост радиационного контроля
АСКРО	- автоматизированная система контроля радиационной обстановки
АТЦ К РЭА	- аварийно-технический центр Концерна «Росэнергоатом»
АЭС	- атомная электростанция
БВ	- бассейн выдержки
БНС	- блочная насосная станция
БНТ	- бак низких точек
БЧК	- бак чистого конденсата
ВВЭР	- водо-водяной энергетический реактор
ВТ	- вентиляционная труба
ВХВ	- вредные химические вещества
ГВРК	- группа внешнего радиационного контроля
ГМК	- горно-металлургическая компания
ГО	- газовая очистка
ГТС	- гидротехническая станция
ГЦН	- главный циркуляционный насос
ГЭС	- гидроэлектростанция
ДВ	- допустимый выброс радиоактивных веществ
ДОА	- допустимая объемная активность
ДС	- допустимый сброс радиоактивных веществ
ЖРО	- жидкие радиоактивные отходы
ЗКД	- зона контролируемого доступа
ЗН	- зона наблюдения
ЗС	- замасленные стоки
ИАЦ	- информационно-аналитический центр
ИЗА	- индекс загрязнения атмосферы
ИРГ	- инертные радиоактивные газы
КАЭС	- Кольская атомная электростанция
КБ	- контрольный бак
КИУМ	- коэффициент использования установленной мощности
КПЖРО	- комплекс по переработке жидких радиоактивных отходов
КУ	- контрольный уровень
КЦ	- Кризисный центр эксплуатирующей организации
КЧС	- комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций
МВИ	- методика выполнения измерений
МЭД	- мощность эквивалентной дозы
ОМСН	- объектный мониторинг состояния недр
ООПТ	- особо-охраняемая природная территория
ОПТК	- отдел производственной и технологической комплектации
ОРБ	- отдел радиационной безопасности
ОСК	- объединенный спецкорпус
ОЯТ	- отработавшее ядерное топливо
ПАВ	- поверхностно-активные вещества
ПДВ	- предельно допустимый выброс
ПДК	- предельно-допустимая концентрация
ПДС	- предельно допустимый сброс
ПЗА	- потенциал загрязнения атмосферы
ПЛК	- промливневая канализация

ППН	- пункт постоянного наблюдения
ППР	- планово-предупредительный ремонт
ПРЛ	- передвижная радиометрическая лаборатория
РАО	- радиоактивные отходы
РВ	- радиоактивные вещества
РД	- руководящий документ
РИПВ	- резервный источник питьевого водоснабжения
РКОС	- радиационный контроль окружающей среды
СВО	- специальная водоочистка
СГО	- система спецгазоочистки
СЗЗ	- санитарно-защитная зона
СКЦ	- ситуационный кризисный центр
ТЛД	- термолюминесцентный дозиметр
ТРО	- твердые радиоактивные отходы
ТЦ	- турбинный цех
УВ	- уровень вмешательства
УГВ	- уровень грунтовых вод
ФМБА	- федеральное медико-биологическое агентство
ХЖО	- хранилище жидких радиоактивных отходов
ХОРО	- хранилище отвержденных радиоактивных отходов
ХСО	- хранилище сухих радиоактивных отходов
ХССО	- хранилище сухих слабоактивных отходов
ХФС	- хозяйственно-фекальные стоки
ЦЗ	- центральный зал
ЦОРО	- цех по обращению с радиоактивными отходами
ЦОС	- цех обеспечивающих систем

ПРИЛОЖЕНИЯ